



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Estadística

Análisis del uso de redes sociales en el aula

Autor:

D. Fco. Javier Melendo Vidal

Tutor/es:

Dña. Lourdes Barba Escribá

ÍNDICE

Parte teórica

1	REDES.....	1
1.1	INTRODUCCION.....	1
1.2	TIPOS.....	1
1.2.1	Redes sociales.....	2
1.2.2	Redes de información.....	3
1.2.3	Redes tecnológicas.....	4
1.2.4	Redes biológicas.....	5
2	REDES SOCIALES.....	6
2.1	HISTORIA.....	6
2.2	DEFINICION.....	12
2.3	EJEMPLO.....	14
3	ANÁLISIS DE REDES SOCIALES.....	17
3.1	REPRESENTACIÓN FORMAL DE LOS DATOS.....	17
3.1.1	Grafos.....	19
3.1.2	Matrices.....	22
3.1.2.1	La matriz de “adyacencia”.....	23
3.1.2.2	Permutación, bloques e imágenes de matrices.....	24
3.1.2.3	Operaciones matemáticas con matrices.....	26
3.2	DATOS DE LAS REDES SOCIALES.....	28
3.2.1	Fuentes de Datos.....	30
3.2.1.1	Cuestionarios.....	30
3.2.1.2	Observación directa.....	30
3.2.1.3	Registros escritos.....	30
3.2.1.4	Experimentos.....	31
3.2.1.5	Derivación.....	31
3.2.2	Exactitud del Informante.....	31
3.2.3	Escalas de medida.....	32
3.3	PROPIEDADES BÁSICAS DE LAS REDES.....	34
3.3.1	Conexión.....	34
3.3.1.1	Densidad.....	34

3.3.1.2	Accesibilidad.....	36
3.3.1.3	Conectividad.....	36
3.3.2	Distancia	36
3.3.2.1	Caminos.....	37
3.3.2.2	Distancia geodésica	37
3.3.3	Centralidad y poder.....	38
3.3.3.1	Centralidad de grado.....	38
3.3.3.2	Grado de Cercanía	39
3.3.3.3	Intermediación	40
3.3.3.4	Eigenvector.....	41
3.3.4	Grupos y subestructuras	41
3.3.4.1	Clique.....	42
3.3.4.2	N-cliques.....	43
3.3.4.3	Componentes	43
3.3.4.4	Bloques y puntos de corte.....	44
3.3.4.5	Puentes.....	44

Parte práctica

4	TEORÍA PREVIA PARA EL CASO PRÁCTICO.....	45
4.1	RELACIONES DE AMISTAD	45
4.2	RELACIONES PERSONALES EN LA ESCUELA	46
4.3	REDES SOCIALES	47
5	ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN EL AULA.....	48
5.1	CASO DE ESTUDIO	48
5.2	INTRODUCCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS.....	48
5.3	CARACTERÍSTICAS.....	54
5.3.1	Distancias	54
5.3.2	Centralidad	56
5.3.3	Grupos.....	58
5.4	CONCLUSIONES	61

<u>Lista de figuras y tablas</u>	64
--	----

<u>Bibliografía</u>	76
---------------------------	----

RESUMEN

Este documento aborda el desarrollo del análisis de redes sociales, remontando sus orígenes a la sociología clásica, discutiendo los cambios y acontecimientos clave, así como su formulación más reciente en el trabajo científico con la integración interdisciplinar llevada a cabo. Se argumenta la necesidad de conocimientos matemáticos básicos para una representación formal, explicándolos brevemente e incidiendo en su adaptación a los datos de redes sociales. Presentamos varios elementos de los enfoques formales para el análisis de este tipo de redes, los cuales se ponen en uso mediante un caso práctico.

Las relaciones entre compañeros se consideran una característica dominante de la adolescencia. Las redes sociales se han convertido en instrumentos muy populares al permitir mantener amistades ya formadas y conectar con nuevos grupos. Trataremos de detectar algún problema en un aula, recogiendo y analizando sus datos, con alumnos de distintas características y provenientes de grupos sin conocimiento previo entre ellos.

ABSTRACT

This paper reports on the development of social network analysis, tracing its origins in classical sociology, discussing key changes and developments, as well as their more recent formulation in the scientific work with interdisciplinary integration performed. It argues the need for basic mathematical formal representation, explaining them briefly and affecting adaptation to social network data. We present several elements of formal approaches for analyzing such networks, which are put to use with a practical case.

Peer relationships are considered a key feature of adolescence. Social networks have become popular tools to be able to maintain friendships already formed and connect with new groups. We try to detect a problem in a classroom, collecting and analyzing their data, students from different characteristics and no prior knowledge groups among them.

INTRODUCCIÓN

El análisis (o análisis de redes sociales) de la red es un conjunto de métodos matemáticos utilizados en la psicología social, la sociología, la etología y la antropología. Este análisis se centra en el descubrimiento de los patrones de interacción de las personas. El análisis de redes supone que la forma en que los miembros de un grupo pueden comunicarse entre sí afecta a algunas características importantes de ese grupo como eficiencia al realizar una tarea, la satisfacción moral o liderazgo. Los analistas de redes creen que la forma en que un individuo vive depende en gran medida de la forma en que la persona está ligada a la red más grande de conexiones sociales.

Muchos creen, además, que el éxito o el fracaso de las sociedades y organizaciones a menudo dependen de los patrones de su estructura interna. Desde el principio, el enfoque de red para el estudio de la conducta ha consistido en dos compromisos: es guiado por la teoría formal organizada en términos matemáticos y se basa en el análisis sistemático de los datos empíricos.

No fue sino hasta la década de 1970, por lo tanto, cuando la moderna combinatoria discreta (particularmente la teoría de grafos) experimentó un rápido desarrollo y se dispuso con facilidad de relativamente poderosas computadoras, fue entonces cuando el estudio de las redes sociales realmente comenzó a despegar como una especialidad interdisciplinaria. Desde ese momento su crecimiento ha sido exponencial.

El análisis de redes hace uso de las herramientas y los conceptos matemáticos que pertenecen a la teoría de grafos. Una red modela un grupo de comunicación. Se compone de una serie de nodos (cada nodo corresponde a un miembro del grupo) y un número de enlaces (o lazos), cada uno de ellos asociado a una conexión de comunicación entre dos actores.

Se han encontrado aplicaciones importantes en el comportamiento organizacional, las relaciones inter-organizacionales, la propagación de enfermedades contagiosas, salud mental, apoyo social, la difusión de información y la organización social animal.

1 REDES

1.1 INTRODUCCION

Hoy en día, podemos descubrir redes por todas partes, nos envuelven, formamos parte de ellas, algunas veces como nodos (en relaciones de amistad o parentesco), en otras situaciones como enlaces (fluyendo como usuarios entre estaciones o aeropuertos). Las redes de comunicación, la World Wide Web (www), el genoma humano, las redes de proteínas, las redes neuronales, las de transportes, las redes sociales, las redes de colaboración científica o las redes terroristas son algunos ejemplos. Incluso el lenguaje que nos sirve para escribir este trabajo es una red, compuesta por palabras unidas por relaciones sintácticas y semánticas.

El avance de esta especialidad está siendo tan apresurado que, según algunos autores, nos hallamos ante el surgimiento de una nueva disciplina asentada en un nuevo concepto, e incluso una nueva filosofía, la del mundo pequeño (small world).

No debemos dejar de lado que los extraordinarios avances que han ocurrido en los últimos años en el estudio y análisis de redes complejas no hubieran sido posibles sin otros métodos paralelos: la adquisición y manipulación de datos por ordenador, que ha permitido manipular pesadas bases de datos, o el aumento del potencial de computación que ha permitido la exploración de redes con millones de nodos.

1.2 TIPOS

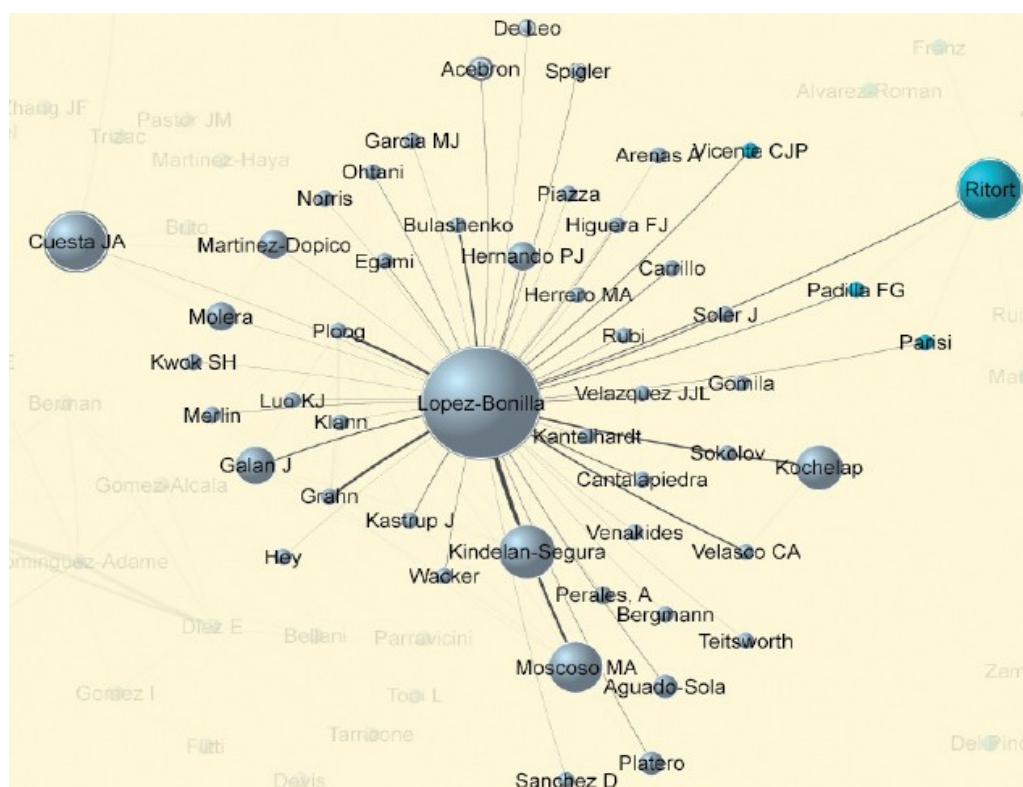
A continuación se revisará de manera breve la estructura y diferencias que se dan entre los distintos tipos de redes del mundo real, basadas en los análisis que tratan de explicar y modelar sus propiedades.

Las redes "reales" se dividen en cuatro categorías según su tipo. El origen de las diferencias entre unas y otras radica en los datos empleados para la elaboración y extracción de las matrices.

1.2.1 Redes sociales

Este tipo de redes representan las interacciones entre un conjunto de entidades sociales o "actores". Tales entidades típicamente son personas o grupos de personas, pero a veces no son humanos, tales como animales. El tipo de interacciones consideradas en esta área varía y está limitada en parte por la unidad y la naturaleza de las entidades sociales involucradas. Los ejemplos de las interacciones sociales son las amistades entre las personas, la pertenencia de las personas en los grupos sociales más grandes (como clubes, empresas, etc.), los contactos entre las personas (reuniones entre miembros de células terroristas), la cooperación en el esfuerzo común y el intercambio de recursos. Ejemplos específicos de las redes sociales son las redes de alianzas empresariales entre las empresas, intercambio de correo electrónico entre los individuos, la co-autoría de artículos científicos, y los acuerdos comerciales entre las naciones.

El estudio de tales redes es de particular interés, y ha sido tradicionalmente relacionado con investigadores de las ciencias sociales como la sociología, la antropología y la psicología, aunque este interés es cada vez más compartido ahora por los investigadores relacionados con otras áreas, como los negocios y la salud pública.

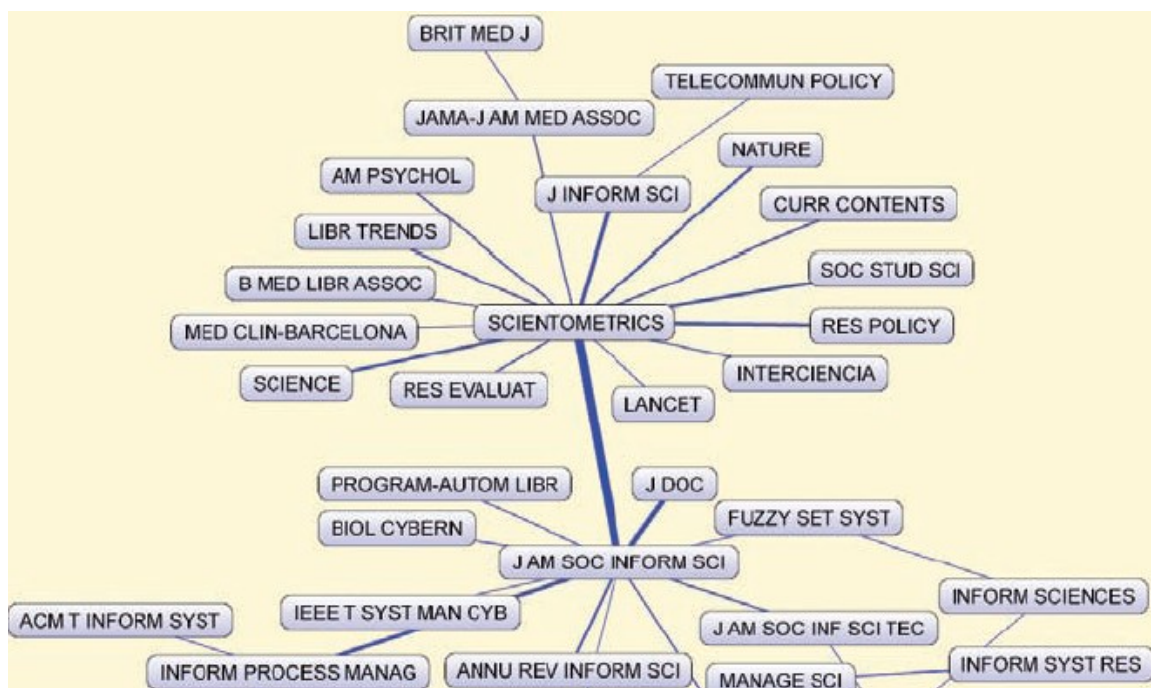


Red social. Colaboración científica.

1.2.2 Redes de información

De uso común en esta era de la información en que nos encontramos, aunque de ninguna manera nueva, son redes que describen las relaciones entre los elementos de información. Ejemplos normales incluyen redes de citas entre las revistas académicas o periódicos, las redes de co-autoría de documentos o redes que indican relaciones semánticas (por ejemplo, sinónimo, antónimo, etc.) entre las palabras o conceptos. Además, Internet ha ayudado a arrojar un número de clases bien conocidas de las redes de información. El ejemplo relevante es la "WorldWideWeb" (WWW), en la que los nodos normalmente son páginas web y los enlaces indican la referenciación de una página por otra.

Otra clase de redes de información relacionadas con Internet son las peer-to-peer (es decir, 'P2P'), las redes, en el que los nodos son típicamente los usuarios de Internet y los enlaces indican el intercambio de contenido que se produce, como música o películas, a través de un protocolo de red asociado (por ejemplo, Napster, Gnutella, Kazaa, etc).



Red de información. Citación de revistas.

1.2.3 Redes tecnológicas

Podría decirse que las redes más conocidas por nosotros son las de carácter tecnológico, es decir, las construcciones humanas conscientemente creadas en forma de red. Los ejemplos incluyen las redes de comunicación (las redes telefónicas o en Internet), redes de transporte (redes de carreteras o las vías ferroviarias) y las redes de energía (redes de suministro de electricidad o gas) .

Una parte o toda la topología de tales redes son a menudo conocidas por alguna entidad. Por ejemplo, los proveedores de servicios de telefonía tienen conocimiento de las líneas que se ponen. La conectividad puede estar en la forma de un lazo físico literal, tal como un cable de fibra óptica o una línea de gas, o en la forma de una conexión virtual, tal como un enlace inalámbrico entre un teléfono celular y una torre cercana o el recorrido de un avión entre los aeropuertos de ambas ciudades. El interés en estas redes a menudo se centra en el flujo de algunos elementos llamados "mercancía" en la red, ya sean paquetes de tráfico de Internet, la carga transportada por los trenes, o unidades de energía eléctrica.

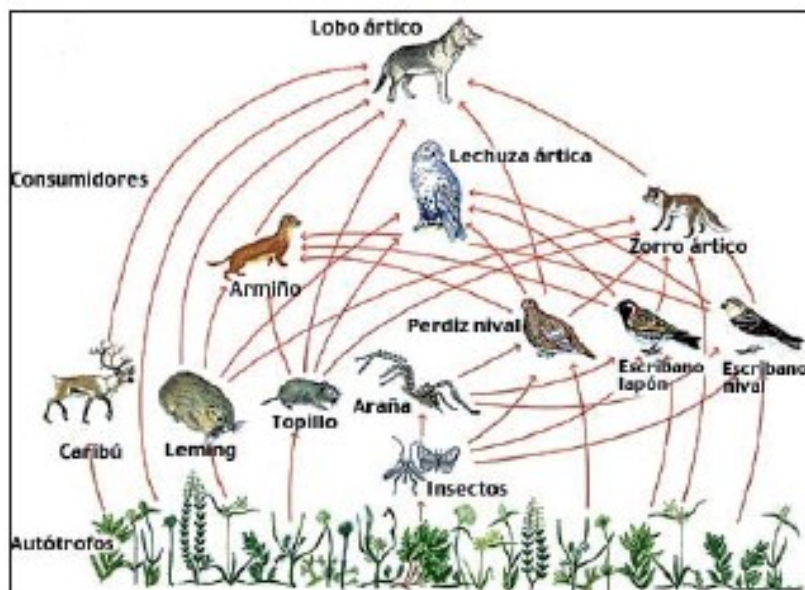


Red tecnológica. Red de metro.

1.2.4 Redes biológicas

Las redes son una herramienta natural y de uso común para representar el funcionamiento interno de los sistemas biológicos, en todas las escalas diferentes. Por ejemplo, las redes intra-celulares de interés incluyen los que describen el comportamiento regulador entre los genes, la afinidad para la unión física entre las proteínas, la participación de los metabolitos juntos en procesos bioquímicos, y combinaciones de los mismos. Del mismo modo, un ejemplo bien conocido de una red inter-celular es una red de neuronas. Por otro lado, las redes que describen las interacciones entre los organismos completos incluyen redes ecológicas, como las que describen las relaciones depredador-presa, y las redes epidemiológicas, que caracterizan la propagación de la enfermedad en una población.

Históricamente, la construcción de dichas redes ha consumido mucho tiempo. Sin embargo, desde aproximadamente mediados de la década de los noventa, con el advenimiento de las técnicas de medición puestas a través de la investigación genómica, toda la naturaleza de esta tarea ha cambiado drásticamente.



Red biológica. Cadena trófica ártica.

2 REDES SOCIALES

Las redes sociales impregnan nuestra vida social y económica. Juegan un papel central en la transmisión de información sobre oportunidades de trabajo, y son fundamentales para el comercio de muchos bienes y servicios. Son la base de la disposición de un seguro mutuo en los países en desarrollo. Las redes sociales también son importantes en la determinación de cómo las enfermedades son extendidas, los productos que compramos, los idiomas que hablamos, cómo votamos, así como de si estamos o no predispuestos a convertirnos en delincuentes, la cantidad de educación obtenida y nuestra probabilidad de éxito profesional. Las innumerables formas en que las estructuras de red afectan nuestro bienestar las hacen fundamentales de comprender.

2.1 HISTORIA

El término red social no es un invento actual, ni su origen guarda relación con la llamada generación *Web 2.0*, expresión que fue utilizada por Tim O'Reilly para referirse a una segunda generación en la historia del desarrollo de tecnología *Web* basada en comunidades de usuarios y una gama especial de servicios como las redes sociales, los blogs o las *wikis*, que fomentan la colaboración y el intercambio ágil y eficaz de información entre los usuarios de una comunidad o red social. El término, en definitiva, lleva decenios siendo utilizado por las ciencias sociales, y su inclusión en Internet como forma de relación natural no ha hecho sino aumentar el espacio de aplicación, no crearlo.

Aunque algunas de las ideas del análisis de redes las podemos encontrar en los escritos de eruditos de la antigua Grecia, la principal novedad del campo se produjo en la década de 1930 por varios grupos de diferentes ámbitos tradicionales trabajando de forma independiente. Estos fueron:

- Psicología

La tradición *gestalt* asociada con Kohler (1925) trata sobre el funcionamiento de la mente. Se hace hincapié en los patrones organizados que estructuran pensamientos y percepciones. Estos patrones organizados eran considerados como "todos", que tienen propiedades distintas de las de sus partes. En parte, vemos los objetos como las plantas y las personas de la manera que lo hacemos porque tenemos esquemas conceptuales preconcebidos contruidos en la mente. La percepción es una especie de proceso de coincidencia

de patrones. Tres científicos que trabajaron en la tradición Gestalt huyeron a EE.UU. en esa época: Kurt Lewin, Jacob Moreno, y Fritz Heider.

Moreno fue el introductor de la primera representación gráfica de una matriz de datos para el análisis de patrones psicológicos, el sociograma. Desde el punto de vista de la abstracción o la información visual, el sociograma presenta mejoras sobre la información puramente numérica o tabular, ya que posibilita la transmisión de la información estructural de red de forma sencilla y destaca la relevancia de los diferentes actores que la conforman. La introducción generalizada de ordenadores personales en la década de los ochenta facilitó la aplicación de técnicas de agrupamiento de datos y permitió la reproducción de sociogramas de forma rápida.

Antes de eso, las ideas como el "tejido social" o "red social" eran sólo ideas vagas. Moreno utilizó sociogramas para identificar a los líderes sociales y a los que se encontraban aislados, para descubrir la asimetría y la reciprocidad en las elecciones de amistad, y para asignar cadenas de conexión indirecta. Una de las configuraciones que observó fue la estrella sociométrica: una persona elegida por muchos otros como un amigo.

Lewin estudió el comportamiento del grupo, dijo que era una función de las fuerzas sociales en conflicto. Pensó en el grupo como existente en un espacio social o campo que está formado por el grupo y su entorno. El grupo y su entorno interactúan y el significado de estas interacciones es construido por los miembros del grupo sobre la base de sus percepciones y experiencias. Lewin argumentó que las propiedades estructurales de este espacio social podrían ser investigadas matemáticamente utilizando la teoría de vectores y la topología.

Una vez más, el campo es visto como un conjunto de puntos conectados por líneas. Los puntos son los individuos y los caminos representan las secuencias de interacción o causales que los conectan. El modelo de campo tiene que ver con representar las interdependencias de interacción. Los campos se dividen en regiones, separadas por una ausencia de caminos entre ellos y se calcula las posibilidades de que las personas están determinadas por estos límites.

Heider trabajó en el área de la percepción social y las actitudes. Él desarrolló lo que se conoce como la teoría del equilibrio. Dijo que la mente busca el equilibrio (la ausencia de tensión), tratando de

mantener las ideas que no están en conflicto entre sí. Esto también se aplica a las actitudes hacia los demás. Estaba especialmente preocupado por lo que ocurre cuando una persona está emocionalmente cerca de dos personas que comienzan a ser hostiles entre sí. Si a A le gusta B, entonces A quiere que le agraden y desagraden todas las cosas que le gustan o no a B. Si a B no le gusta C, entonces A quiere tener aversión a C, pero ¿qué pasa si A y C son amigos? Hay una tensión que debe ser resuelta. Una solución es tomar partido y A puede dejar de ser amigo de C.

En los grupos actuales, los desequilibrios se desarrollan porque no todo el mundo está interactuando en condiciones de igualdad con todos los demás al mismo tiempo. Pero una vez que los desequilibrios se hacen sentir, que ejercen la fuerza necesaria para resolverse ellos mismos, dan lugar a cambios en la estructura del grupo.

Cartwright y Harary demostraron matemáticamente que el resultado de este proceso es necesariamente un grupo dividido en camarillas dentro de cada cual todos los lazos son positivos y entre las cuales todos los lazos son negativos. Todos los grupos en los que existe cualquier desequilibrio están en un estado de transición lenta hacia camarillas.

– Antropología

El estudio de las redes sociales desde un punto de vista antropológico nace tras la Segunda Guerra Mundial, al manifestarse la necesidad de entender los comportamientos de las sociedades que empiezan a adaptarse a su nuevo entorno y situación y a alejarse de las pautas culturales e instituciones sociales estáticas o fijas. Los científicos sociales utilizan los conceptos y categorías asociados al análisis de redes para el estudio de asuntos variados; el análisis de redes es una aproximación intelectual amplia para identificar las estructuras sociales que emergen de las diversas formas de relación, pero también un conjunto específico de métodos y técnicas.

Resulta importante recalcar la concepción de “redes sociales” que nos brinda la sociología fenomenológica. Para esta corriente del pensamiento sociológico, las redes sociales son una especie de técnicas descriptivas a través de las cuales distinguimos a los grupos humanos como complejos sistemas de comunicación e intercambio a lo largo de eslabones interconectores por los cuales se movilizan recursos.

Durante mucho tiempo se ha entendido que en las sociedades pre-industriales las relaciones de parentesco eran extraordinariamente complejas e importantes. Sin embargo, otras relaciones, tales como la amistad, eran igualmente importantes en las sociedades industrializadas.

A nivel empírico, el trabajo de Warner, Mayo, Roethlisberger y Dickson en la planta Hawthorne de la Western Electric Company en Chicago en los años 20 fue todo un hito. Proviene de una serie de estudios de eficiencia de los trabajadores, ellos trataron de averiguar cómo las alteraciones en las condiciones físicas de trabajo (calefacción, iluminación, períodos de descanso) afectaban a la productividad. Encontraron que la productividad parecía aumentar con cualquier cambio que se hiciera, haciéndoles pensar que el hecho de la participación en la investigación de trabajadores satisfechos con la gestión y más integrados en la empresa motivaba una mayor productividad. Así que empezaron a estudiarles antropológicamente, ellos simplemente observaban a la gente trabajar todo el día, con especial atención a las relaciones entre los trabajadores. En el proceso, descubrieron la "organización informal" de la organización - la estructura social oculta que parecía tener tanto efecto en la productividad del trabajador como cualquier cosa en el manual de la compañía.

Más tarde, en los años 50, el departamento de antropología social en la Universidad de Manchester en Inglaterra, comenzó a estudiar el conflicto en los grupos. Se empezó a investigar cómo la estructura de las relaciones entre las personas afectaba no sólo a los individuos sino a la sociedad en su conjunto (por ejemplo, su cohesión). Este grupo presta tanta atención a la estructura de las relaciones sociales como al contenido de esas relaciones. Basándose en estos trabajos, un grupo de Harvard dirigido por Harrison Blanca en los años 60 y los años 70 desarrolló más el lado matemático del análisis de redes sociales, la traducción de muchos conceptos importantes de las ciencias sociales, como la noción de "función social" en forma matemática que les permitió ser medidos y modelados.

Mark Granovetter escribió un libro llamado *Conseguir un trabajo en 1974* en el que pedía a la gente cómo llegaron a los puestos de trabajo que ocupan. La mayoría de ellos fueron obtenidos a través de los contactos accidentales con los demás, en lugar de realizar una búsqueda a través de medios oficiales (por ejemplo, anuncios en los periódicos). De los que tuvieron conocimiento de las oportunidades a través de contactos con los demás, pocos lo recibieron de familiares y

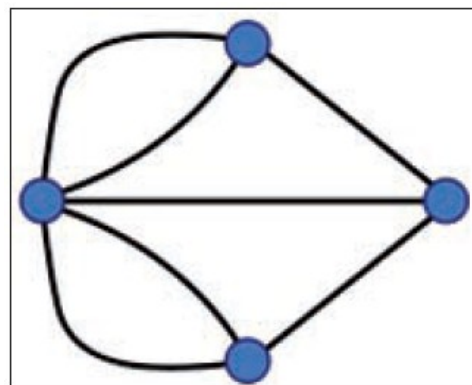
amigos cercanos. La mayoría fueron a través de conocidos. Este fenómeno se explica a través de una teoría sobre difusión de información a través de redes sociales. Este fue un trabajo pionero en el análisis de redes sociales.

Un estudio similar fue hecho por Lee en 1969 llamado *La búsqueda de un abortista*. El aborto era ilegal, y los médicos que lo realizaban no podían hacer publicidad ni operar en clínicas. Para encontrarlos, las mujeres preguntaron a sus amigos y conocidos. Se encontró que, en promedio, el abortista estaba a cuatro enlaces de distancia del paciente en el espacio social. (Mujer - persona - persona - persona - Doctor).

– Matemáticas

Se considera que la teoría de redes tuvo su inicio con el matemático suizo Leonhard Euler, que planteó el curioso problema de los siete puentes sobre el río Pregel de la ciudad prusiana de Kaliningrado:

"¿Es posible dar un paseo comenzando por cualquiera de las cuatro partes de tierra, cruzando cada puente una sola vez y volviendo al punto de partida? Euler representó cada parte de tierra por un punto y cada puente por una línea, haciendo la siguiente pregunta: ¿se puede recorrer el dibujo sin repetir las líneas?"



Lo destacable de la resolución fue la traducción del problema en una notación matemática que implica puntos y líneas, y luego derivó en algunas pruebas. Esta idea fue redescubierta varias veces en diferentes áreas de matemáticas y ciencias aplicadas. En la estadística se desarrolló el concepto de cadenas de Markov probabilísticas. En física se utilizaron para comprender moléculas adyacentes una a la otra en el espacio euclidiano. En la investigación de operaciones se utilizaron gráficos para trazar la ubicación de los productos y los canales de transmisión.

Ya en el siglo XX, la teoría de grafos cobró un nuevo envite gracias a la intervención de especialistas en psiquiatría y antropología social que introdujeron el concepto de análisis de redes sociales en los años

treinta del siglo pasado. La teoría de grafos representa las redes sociales mediante nodos conectados por aristas, donde los nodos serían los individuos y las aristas las relaciones que les unen. Todo ello conforma un grafo, una estructura de datos que permite describir las propiedades de una red social. A través de esta teoría, se pueden analizar las redes sociales existentes entre los empleados de una empresa y, de igual manera, entre los amigos de Facebook.

Hoy en día, la teoría de grafos es un área bien desarrollada situada en la intersección de la combinatoria y la topología.

El análisis de redes sociales es un espacio de investigación pluridisciplinar por definición. Su nacimiento ya demandó la implicación de varias disciplinas de las ciencias sociales (sociología, antropología y psicología sociales, básicamente); pero es en la actualidad, gracias a la creciente amplitud de su aplicabilidad y la necesidad de nuevas herramientas de análisis, cuando se ha producido la incorporación de disciplinas propias de las ciencias naturales, como por ejemplo la física o la biología, llevando esta pluridisciplinariedad a su máxima expresión. Efectivamente, la consolidación del análisis de redes sociales como ámbito de investigación con nombre propio y la superación de la 'barrera' entre las ciencias sociales y naturales que se está produciendo en su interior, le ha llevado a una situación actual que vale la pena analizar más en detalle.

El proceso de formalización tal y como lo entendemos actualmente empezó el verano de 1977 cuando, ante la necesidad de hacer más continuo el contacto entre los diferentes investigadores del campo, se fundó la INSNA (*International Network for Social Network Analysis*) y su boletín *Connections*. Este proceso continuó con el nacimiento de la revista científica *Social Networks* un año después y la constitución, el año 1981, de una conferencia anual oficial del INSNA, la *Annual Sunbelt Social Network Conference* que, finalmente, el año 1989 se fusionó con su equivalente europea. Actualmente, el análisis de redes sociales es un campo de trabajo consolidado y en continua expansión.

Este gran éxito que experimenta actualmente es debido, en buena medida, a dos factores: su aplicabilidad a una amplia gama de problemas u objetos de estudio; y una nueva experiencia de integración de disciplinas.

Respecto del primer punto, aplicabilidad, se puede recurrir al artículo *The network paradigm in organizational research: A Review and Typology* (Bogartti & Foster, 2003), donde se clasifican los principales ámbitos de aplicación del

ARS en la actualidad (que van desde el capital social a la difusión de innovaciones, pasando por la gestión del conocimiento en general), y da una visión general del estado de algunos de ellos.

Respecto al segundo, la incorporación de nuevas disciplinas, resulta interesante observar como se ha producido (y todavía se está produciendo) el proceso de aproximación de las diferentes perspectivas y las sinergias resultantes de esta integración. Dos de las disciplinas que pertenecen a las ciencias naturales y que están haciendo las aportaciones más importantes al análisis de redes sociales son la física y la biología.

2.2 DEFINICION

Para un mejor entendimiento del concepto de red social (lejos o cerca de la aplicación del término a lo que ahora entendemos como parte de la web 2.0.) es interesante analizar la primera definición de red social que fue concebida por John Barnes:

"La imagen que tengo es de un conjunto de puntos algunos de los cuales están unidos por líneas. Los puntos de la imagen son personas o a veces grupos, y las líneas indican que individuos interactúan mutuamente. Podemos pensar claro está, que el conjunto de la vida social genera una red de este tipo"

Sirva esta definición para establecer los elementos básicos de una red social. Los puntos de los que habla Barnes son cada uno de los usuarios que intervienen en ella y forman, en muchas ocasiones sin querer, grupos de personas que mantienen unos vínculos e interactúan entre ellos. Las relaciones no son todas de la misma intensidad, pero por eso se crean redes de mayor o menor importancia o repercusión en el individuo. Barnes estudió tanto a la sociedad moderna como a la tradicional, y comprobó que esta última tenía un entramado de red más firme y era más compacta al ser formada por más sólidas relaciones entre parientes y amigos, y menos entre conocidos del entorno económico o social más genérico.

En sentido amplio, una red social es una estructura social formada por personas o entidades conectadas y unidas entre sí por algún tipo de relación o interés común. El término se atribuye a los antropólogos británicos Alfred Radcliffe-Brown y Jhon Barnes. Las redes sociales son parte de nuestra

vida, son la forma en la que se estructuran las relaciones personales, estamos conectados mucho antes de tener conexión a Internet.

Otras teorías sobre redes sociales han sido concebidas y analizadas por diferentes disciplinas, como la popular teoría de los *Seis grados de separación*, un hito de las redes sociales en Internet. Fue inicialmente propuesta por el escritor Frigyes Karinthy en 1930 y en la década de los 50, el politólogo Ithiel de Sola Pool y el matemático Manfred Kochen intentaron demostrarla matemáticamente, aunque sin conclusiones satisfactorias. Esta teoría sostiene que se puede acceder a cualquier persona del planeta en sólo seis "saltos", por medio de una cadena de conocidos las personas están relacionadas unas con otras a través de cinco intermediarios. Se basa en la idea de que el grupo de conocidos crece exponencialmente con los enlaces en cadena, y harían falta, únicamente, cinco de estos enlaces para cubrir la totalidad de la población mundial.

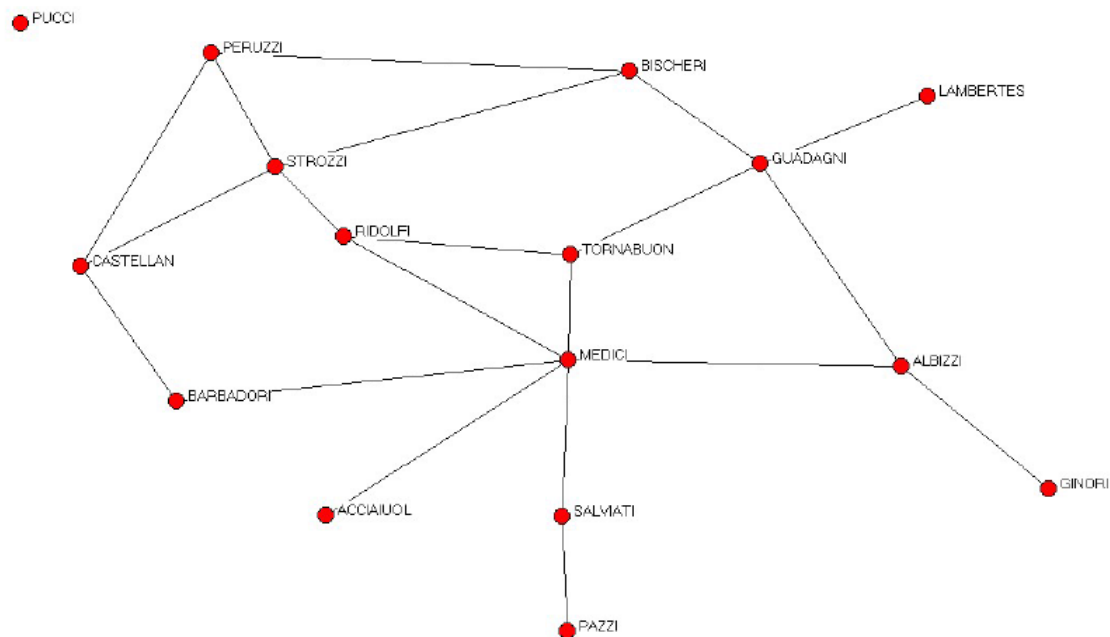
En 1967, el psicólogo estadounidense Stanley Milgram realizó el experimento del mundo pequeño con la intención de demostrar la teoría. El experimento consistía en enviar una postal a un conocido para que, a través de su red de contactos, llegara a un destinatario del que sólo sabían su nombre y localización. Milgram constató que hacían falta entre cinco y siete intermediarios para contactar con una persona desconocida. Esta teoría ha sido muy estudiada y también cuestionada, pero con la aparición de Internet y el auge de las redes sociales on-line cada vez parece más fácil comunicarse con cualquier persona, exclusivamente, en seis pasos. En 2003, el sociólogo Duncan J. Watts recogió la teoría actualizada en su libro *Seis grados: la ciencia de las redes en la era conectada del acceso*. Watts intentó probar la teoría de nuevo, esta vez a través del correo electrónico con personas de todo el mundo, su conclusión también fueron los famosos seis grados de separación.

El software original de las redes sociales virtuales parte de esta teoría, de hecho existe en Estados Unidos una patente llamada *six degrees patent* por la que ya han pagado las redes sociales LinkedIn y Tribe. Actualmente, Yahoo! y Facebook se han unido para comprobarla una vez más, y están llevando a cabo una investigación con el mismo nombre que utilizó, en 1967, Stanley Milgram. La metodología es la misma, se participa como remitente de un mensaje que debe llegar, mediante sus contactos, a un destinatario final que asignan estas compañías. También permiten la participación, aunque de manera más restringida, como destinatario final mediante una solicitud y un proceso de selección.

2.3 EJEMPLO

Los Medici han sido llamados los padrinos del Renacimiento. Su acumulación de poder en el siglo XV, en Florencia, fue orquestada por Cosimo de Medici, a pesar de que su familia comenzó con menos riqueza e influencia política que otras familias de la oligarquía que gobernaba Florencia en el momento. Cosimo consolidó el poder político y económico mediante el aprovechamiento de la posición central de los Medici en las redes de matrimonios entre familias, relaciones económicas, y clientelismo político. Su comprensión y posición fortuita en estas redes sociales le permitió construir y controlar un precursor temprano de un partido político, mientras que otras familias importantes de la época fracasaron.

Se proporciona una poderosa evidencia de esto mediante la documentación de la red de matrimonios entre algunas familias importantes en Florencia en el 1430. El siguiente gráfico proporciona los vínculos entre las familias principales de Florencia en ese momento, donde un enlace representa un matrimonio entre miembros de las dos familias vinculadas.



Matrimonios florentinos en el siglo XV.

Como se mencionó anteriormente, durante este período de tiempo los Medici (con Cosimo de Medici desempeñando el papel principal) aumentaron y consolidaron el poder y el control de gran parte de las empresas y la política de Florencia. Anteriormente, Florencia había sido gobernada por una oligarquía de familias de la élite. Si uno examina la riqueza y el poder político, sin embargo, los Medici no se destacan en este momento y uno

tiene que mirar la estructura de las relaciones sociales para entender por qué eran los Medici quienes se hicieron con el poder. Por ejemplo, los Strozzi tenían una mayor riqueza y más escaños en la legislatura local, y sin embargo, los Medici llegaron a eclipsarles. La clave para la comprensión de este detalle se puede ver en la estructura de la red.

Si hacemos un cálculo aproximado de la importancia de la red, simplemente contando el número de familias con los que una misma familia se vincula a través de matrimonios, los Medici están a la cabeza. Sin embargo, sólo superan a las próximas familias más altas, los Strozzi y los Guadagni, en una proporción de 3 a 2. Si bien esto es sugerente, no es tan dramático como se dice. Tenemos que mirar algo más de cerca la estructura de la red para obtener un mejor manejo de la clave para el éxito de los Medici. En particular, la siguiente medida de intermediación es esclarecedora.

Si $P(ij)$ denota el número de caminos más cortos que conectan a la familia i con la familia j . Sea $P_k(ij)$ quien denota el número de estos caminos en que la familia k se encuentra. Por ejemplo, el camino más corto entre los Barbadori y Guadagni tiene tres enlaces. Hay dos de estos caminos: Barbadori - Medici - Albizzi - Guadagni y Barbadori - Medici - Tournabouni - Guadagni. Si nos fijamos $i = \text{Barbadori}$ y $j = \text{Guadagni}$, entonces $P(ij) = 2$.

Si fijamos $k = \text{Medici}$, como se encuentran en ambos caminos, $P_k(ij) = 2$. En contraste, este número es 0 si fijamos $k = \text{Strozzi}$, y es 1 si fijamos $k = \text{Albizzi}$. Por lo tanto, en cierto sentido, los Medici son la familia clave en la conexión de los Barbadori y Guadagni.

Con el fin de tener una idea más completa de lo central que es una familia, podemos mirar un promedio de este cálculo de intermediación. Podemos pedir cada par de otras familias, ¿qué fracción del número total de caminos más cortos entre dos familias dadas se encuentra?. Esto sería 1 si lo que buscamos es la fracción de las rutas más cortas en las que los Medici se encuentran entre los Barbadori y Guadagni, y $1/2$, si examinamos la fracción correspondiente en la que se encuentran los Albizzi y así sucesivamente. El promedio en todos los pares de otras familias nos da una especie de intermediación o potencia medida para una determinada familia. En particular, se puede calcular

$$\frac{P_k(i,j)}{(n-1)(n-2)} \quad \frac{P(i,j)}{2}$$

$i \neq j, k \notin \{i,j\}$

Para cada familia k , tomamos $P_k(ij)/P(ij) = 0$ si no hay caminos conectando i y j , y el denominador describe que una familia dada podría estar en los caminos de otras familias un máximo de $(n-1)*(n-2) / 2$ pares. Esta

medida de intermediación para los Medici es de 0.522. Eso significa que si nos fijamos en todos los caminos más cortos entre diferentes familias (excepto los Medici) en esta red, los Medici se encuentran en más de la mitad de ellos. En contraste, un cálculo similar para los Strozzi es de 0.103, o un poco más del diez por ciento.

La segunda familia con términos de intermediación más altos después de los Medici son los Guadagni, con una intermediación de 0.255. En la medida en que las relaciones matrimoniales eran clave para la comunicación de información, realización de negocios y llegar a decisiones políticas, los Medici estaban mucho mejor posicionados que otras familias, por lo menos de acuerdo con esta noción de intermediación. Ayudados por esto, fueron los Medici y no alguna otra familia quienes terminaron consolidando su poder.

Este análisis muestra que la estructura de la red puede proporcionar información importante más allá de la que se encuentra en otras características políticas y económicas. El ejemplo también ilustra que la estructura de la red es importante más allá de un simple recuento de cuántas relaciones sociales cada miembro tiene, y sugiere que diferentes medidas de intermediación o centralidad capturaran aspectos diferentes de estructura de red.

3 ANÁLISIS DE REDES SOCIALES

3.1 REPRESENTACIÓN FORMAL DE LOS DATOS

La idea básica de una red social es muy simple. Una red social es un conjunto de actores (o puntos, o nodos, o agentes) que pueden tener relaciones (o bordes, o lazos) uno con el otro. Las redes pueden tener pocos o muchos actores, y uno o más tipos de relaciones entre pares de actores. Para construir una comprensión útil de una red social, una descripción completa y rigurosa de un modelo de relaciones sociales es un punto de partida necesario para el análisis. Es decir, idealmente sabremos acerca de todas las relaciones entre cada par de actores de la población.

La cantidad de información que necesitamos para describir incluso las pequeñas redes sociales puede ser muy grande. La gestión de estos datos y manipularlos para que podamos ver los patrones de la estructura social puede ser tedioso y complicado. Todas las tareas de los métodos de redes sociales se hacen más fáciles mediante el uso de herramientas matemáticas. Los analistas de redes sociales utilizan dos tipos de herramientas matemáticas para representar información sobre los patrones de relaciones entre actores sociales: grafos y matrices. Utilizando esas dos herramientas podremos entender la mayor parte de las operaciones que los analistas de redes sociales realizan con esta información. Los grafos constituyen una manera muy útil de representar información sobre redes sociales. Sin embargo, cuando existen muchos actores y/o muchas clases de relaciones, éstos pueden hacerse tan visualmente complicados que se hace muy difícil identificar estructuras. En su lugar, también es posible representar la información sobre redes sociales en forma de matrices. De esta forma, la representación de la información admite la utilización de herramientas matemáticas y de computación para identificar estructuras. Los analistas de redes sociales utilizan las matrices de una variedad de formas. Es por ello que son necesarios ciertos conocimientos matemáticos básicos sobre el tema.

Las razones para su uso se pueden agrupar en tres motivos:

- Eficiencia

Una de las razones para el uso de técnicas matemáticas y gráficas en el análisis de redes sociales es para representar las descripciones de las redes de forma compacta y de forma sistemática. Esto también

nos permite utilizar los ordenadores para almacenar y manipular la información de forma más rápida y precisa de lo que podemos realizar a mano. Para las pequeñas poblaciones de actores (por ejemplo, las personas en un barrio, o las empresas de negocios en una industria), podemos describir el patrón de relaciones sociales que conectan a los actores de la forma más completa y con una utilización más eficaz que con las palabras. Para asegurarse de que nuestra descripción es completa, sin embargo, podríamos hacer una lista de todos los pares lógicamente posibles de actores y describir cada tipo de relación posible para cada par. Esto puede ser bastante tedioso si el número de actores y / o el número de tipos de relaciones es grande. Representaciones formales aseguran que toda la información necesaria está representada de forma sistemática, y proporciona reglas para hacerlo de manera que son mucho más eficientes que las listas.

– Uso de computadoras

Otra razón para el uso de métodos formales para la representación de las redes sociales es que las representaciones matemáticas nos permiten aplicar ordenadores para el análisis de datos de la red. Supongamos, por un ejemplo simple, que teníamos información sobre flujos comerciales de 50 productos diferentes (por ejemplo, café, azúcar, té, cobre, bauxita) entre las 170 o más naciones del sistema mundial en un año determinado. Aquí, las 170 naciones pueden ser consideradas como actores o nodos, y la cantidad de cada producto exportado de cada país a cada uno de los otros 169 puede ser considerado como la fuerza de un lazo dirigido de nuestra nación a las otras. Un científico social podría estar interesado en saber si las "estructuras" del comercio de los productos minerales son más similares entre sí que la estructura del comercio de los productos minerales con los productos vegetales. Para responder a esta pregunta bastante simple (pero también muy importante), una gran cantidad de manipulación de los datos es necesario. Podría tomar, literalmente, años de hacer a mano, mientras que puede ser realizado por un equipo en pocos minutos.

– Visión de patrones

La última razón de usar métodos "formales" (matemáticos y gráficos) para la representación de redes sociales es que las técnicas de representación gráfica y las reglas de las matemáticas sí sugieren aquello que podemos estar buscando en los datos, pero también

aquello que podría no habérsenos ocurrido a nosotros si la introducción de nuestros datos es con descripciones en palabras. Las representaciones graficas de las relaciones entre los actores pueden dejarnos ver algunos patrones con mayor facilidad, y pueden hacer que nos hagamos algunas preguntas que una descripción verbal no estimula.

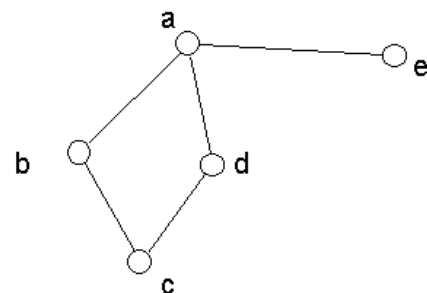
Sobre estos temas hay muchísima más información que la que presentaremos aquí: las matemáticas disponen de sus disciplinas dedicadas completamente a la teoría de grafos y al álgebra de matrices. En este texto revisaremos los aspectos que pueden ser útiles para describir y analizar las estructuras de las relaciones sociales.

3.1.1 Grafos

Hay un montón de diferentes tipos de "gráficos". Gráficos de barras, gráficos circulares, gráficos de líneas y tendencias, y muchos otros más se llaman de esta manera. Los analistas de redes utilizan principalmente un tipo de representación gráfica que consiste en puntos (o nodos) para representar actores y líneas (o flechas) para representar lazos o relaciones. Cuando los sociólogos tomaron esta forma de representación de los matemáticos, renombraron sus gráficos como "sociogramas".

Los matemáticos diferencian los distintos tipos de representaciones gráficas con los nombres de "grafos recíprocos", "grafos orientados" o simplemente "grafos".

Un grafo se define como un conjunto de nodos y un conjunto de líneas que conectan los nodos. Esto a veces se escribe matemáticamente como $G = (V, E)$ o $G(V, E)$, donde G es un conjunto de vértices (V), junto con un conjunto de uniones (E). Todos ellos usan un círculo marcado para cada actor de la población que estamos describiendo, y segmentos de línea entre pares de actores para representar el hecho de que una relación existe entre los dos.



- Vínculos orientados o "recíprocos" en el grafo

Supongamos que se recogieron los datos sobre los lazos de amistad de un grupo, pidiendo a cada miembro del grupo (en privado y

confidencialmente), que eligiera quien consideraba como "amigo cercano" de una lista que contenía cada uno de los otros miembros del grupo. Cada una de las cuatro personas podría optar de ninguno a los tres de los otros como "amigos cercanos".

En esta ocasión, a cada persona (ego) se le ha preguntado sobre los vínculos o relaciones que ellos mismos dirigen hacia otros (alters). Las personas nombradas, en cambio, no se sienten precisamente de igual manera acerca de cada relación de ego: Juan puede señalarse a sí mismo como buen amigo de Alicia, pero Alicia no necesariamente señala a Juan como un buen amigo. Es muy útil en muchas ocasiones describir estructuras sociales siendo formadas por vínculos "orientados" (que pueden ser binarios, con signos, ordenados o ponderados). De hecho, la generalidad de los procesos sociales contiene secuencias de acciones dirigidas. Por ejemplo, supóngase que el sujeto A hace una observación a B, entonces B devuelve un comentario a A y así interminablemente. Podemos desconocer el orden en el que ocurrieron las acciones (quién empezó la conversación), o puede que no nos interese. En este ejemplo, nos podría interesar saber únicamente que "A y B tienen una conversación". De esta manera, el vínculo o relación "conversando con", incluye obligatoriamente ambos actores A y B. Los dos actores están "presentes" en la relación de "tener una conversación". O también podríamos considerar la situación como un ejemplo del tipo social denominado "conversación", el cual, por su definición, involucra a dos (o más) actores "conectados" en una interacción.

Los grafos "orientados" manejan la convención de que los actores o nodos se conectan a través de líneas que tienen una punta de flecha para indicar quién orienta el vínculo hacia quién. Esto es lo que hicimos en los grafos anteriores, donde los individuos (egos) dirigieron sus elecciones hacia los otros (alters). Los grafos de "presencia", "concurcencia" o "recíprocos", utilizan la convención de que los actores con una implicación en la relación son conectados mediante un segmento de línea simple (sin punta de flecha). Aquí hay que ser muy minuciosos. En un grafo dirigido, Juan pudo escoger a Tomas y Tomas escoger a Juan. Esto podría ser representado por flechas con punta yendo desde Juan hacia Tomas y viceversa, o por una doble flecha. Pero esto tiene un sentido distinto a un grafo que muestre a Juan y Tomas conectados por un único segmento de línea sin puntas de flecha. Tal grafo pretendería indicar que "hay una relación llamada amistad cercana que une a Juan y Tomas". La distinción puede ser sutil, pero en algunos análisis es importante.

– Niveles de Medición

En la descripción del patrón de quién elige a quién como un amigo cercano, podíamos haber realizado nuestra pregunta de muchas maneras. Si preguntamos a cada entrevistado “¿esta persona es o no un amigo cercano?”, estamos demandando una respuesta binaria: cada persona es o no seleccionada por cada entrevistado. Muchas relaciones sociales pueden ser descritas de esta forma, lo único que interesa es si existe o no el vínculo.

Cuando nuestros datos se almacenan de esta forma, podemos representarlos de una manera simple: una flecha simboliza la ocurrencia de una selección y ninguna constituye la inexistencia de esa selección.

Pudimos haber preguntado de varias maneras diferentes, por ejemplo: “Para cada uno de los nombres de esta lista, indique si le gusta, desagrada o no le importa”. Podemos determinar un + para indicar “agrado”, cero para indicar “no importa” y un – para indicar “desagrado”. Estos datos se designan datos “con signos”. El grafo con datos orientados utiliza un + en la flecha para indicar una nominación positiva, un – para indicar una nominación negativa y ninguna flecha para indicar una posición neutral o indiferente.

Otro enfoque que podemos utilizar para realizar la misma pregunta sería: “Ordene tres personas de esta lista según le agrada más, regular o menos”. Esto nos dará un “orden de posiciones” o datos “ordinales”, que reflejan la fortaleza de cada selección de amistad. Finalmente, hemos podido preguntar “en una escala de menos 100 a más 100, dónde -100 indica que se odia a esa persona, cero significa que se siente neutral y +100 indica que se ama a esa persona, cómo se siente hacia...”. Esto nos permitirá averiguar el valor de cada selección en un (al menos supuesto) nivel proporcional de medición. Tanto en un grafo ordinal como en uno ponderado, podremos colocar la medida de la fortaleza de la relación en la flecha del diagrama.

– Relaciones simples o múltiples en el grafo

La información presentada anteriormente sobre la estructura social de nuestro grupo de amigos es muy simple. Es decir, se refiere sólo a un tipo de vínculo o relación, elegir a un amigo cercano. A un grafo que representa un único tipo de relación se le llama grafo simple.

Las estructuras sociales, sin embargo, son a menudo múltiples, hay muchas maneras diferentes de vínculos entre los actores sociales.

Aumentemos a un segundo tipo de relaciones un ejemplo en el que contamos con cuatro personas. Además de las selecciones de amistad, supongamos que le preguntamos a cada individuo si es familia de alguno de los otros tres. Juan identifica a Tomas como su familia; Tomas identifica a Juan; y Tomas y Alicia se identifican el uno al otro (la ficción completa podría ser que Juan y Tomas fuesen hermanos y Tomas y Alicia esposos). En este caso, podríamos incluir esta información a nuestro grafo, utilizando un color o estilo distinto de línea para representar el segundo tipo de relación ("ser familiar de...").

Podemos ver que el segundo tipo de vínculo, "el parentesco", acentúa la fortaleza de las relaciones entre Juan y Tomas y entre Tomas y Alicia (o quizás, la presencia de un vínculo de parentesco explique la nominación mutua como buenos amigos). El vínculo recíproco de amistad entre Carolina y Tomas, sin embargo, es distinto, ya que no está reforzado por un vínculo familiar.

Por supuesto, si seguimos examinando varios tipos diferentes de relaciones entre el mismo conjunto de actores, el colocar toda esta información en un mismo grafo puede hacerlo muy difícil de interpretar. En su lugar, debemos utilizar múltiples grafos con los actores ubicados cada vez en el mismo lugar. Podríamos querer representar la multiplicidad de los datos de una manera más simple. Podríamos manejar líneas de diferentes grosores para representar la presencia de muchos vínculos entre cada par de actores; o también contar el número de relaciones presentes para cada actor y manejar luego un grafo ponderado.

Vamos a ir profundizando más en la teoría de grafos a través de los apartados posteriores descritos en este trabajo.

3.1.2 Matrices

Los científicos sociales que manejan matrices para la representación de redes sociales no utilizan normalmente convenciones matemáticas y simplemente exponen sus datos como una ordenación de filas y columnas etiquetadas. Las etiquetas no forman parte realmente de la matriz, sino que se utilizan sólo para clarificar la presentación. La matriz que mostramos a

continuación, por ejemplo, es una matriz de 4 por 4, con etiquetas adicionales:

	Pablo	Carolina	Pedro	Alicia
Pablo	-	1	1	0
Carolina	1	-	1	0
Pedro	1	0	-	1
Alicia	0	0	1	-

Si nombramos a la matriz en todo su conjunto X , entonces el contenido de cualquiera de sus celdas se denotará x_{ij} . Todo lo que alcancemos a representar en forma de gráfico, también puede representarse como una matriz. Por ejemplo, si es un gráfico de valores, entonces la matriz contiene los valores en lugar de 0s y 1s.

3.1.2.1 La matriz de “adyacencia”

La representación más habitual de una matriz en el análisis de redes sociales es una matriz simple, compuesta por el mismo número de filas y columnas como actores consten en el conjunto de datos y dónde los elementos representan los vínculos entre los actores. La más simple y común de las matrices es la matriz binaria, si existe un vínculo, se coloca un 1 en la celda ($x_{ij}=1$), si no lo hay se escribe un cero ($x_{ij}=0$).

Este tipo de matrices son el punto de partida de casi todos los análisis de redes y se llaman “matriz de adyacencia” porque representan quién está próximo a quién, o adyacente a quién, en el “espacio social” mostrado por las relaciones que hemos calculado.

Es preciso ser conscientes de que las filas simbolizan el origen y las columnas los destinos de los vínculos dirigidos. Por ejemplo, en la matriz anterior, $x_{23} = 1$, porque Carolina considera a Pedro como amigo, pero $x_{32} = 0$ porque Pedro no la escogió a ella. Éste es un ejemplo de una matriz “asimétrica”, que representa vínculos dirigidos (vínculos que parten de un origen a un receptor). Es decir, el elemento (i,j) no inevitablemente es el mismo que el elemento (j,i) . Si los vínculos que representamos en nuestra matriz fueran “vínculos recíprocos” (como vínculos que simbolicen la relación “es compañero de negocios de...”), o de “co-presencia o concurrencia”, (dónde los vínculos representan una reciprocidad como “trabaja en el mismo grupo de directores que...”) la matriz obligatoriamente sería simétrica; es decir, el elemento (i,j) sería equivalente al elemento (j,i) . Cuando se calculan los vínculos de forma ordinal o de intervalo, la dimensión numérica del vínculo medido se sitúa como un elemento de la matriz.

En la representación de datos de redes sociales como matrices, la pregunta que siempre surge es: ¿qué hago con los elementos de la matriz donde $i=j$? Es decir, por ejemplo, ¿Pablo se ha considerado como amigo cercano de él mismo?

Esta parte de la matriz es conocida como la diagonal principal. En ocasiones, el valor de la diagonal principal carece de importancia y se ignora (se deja en blanco). Sin embargo, en otras ocasiones la diagonal principal puede tener gran importancia, y alcanza valores que son muy significativos.

A menudo conviene hacer referencia a ciertas partes de una matriz manejando una terminología resumida. Si tomamos todos los elementos de una fila (por ejemplo, a quiénes escoge Pedro como amigos), se examina el "vector fila" para Pedro. Si sólo se observa quién escoge a Pedro como amigo (la tercera columna), se examina el "vector columna" para Pedro. Puede que a veces nos sea útil hacer ciertas operaciones con los vectores fila o columna.

Por ejemplo, si sumamos los elementos de los vectores columna en este ejemplo, podemos conseguir la medida de cuán "popular" es cada nodo (en este caso Pedro sería el más popular ya que es considerado un amigo por todos sus compañeros).

3.1.2.2 Permutación, bloques e imágenes de matrices

También es útil, en determinadas situaciones, reorganizar las filas y columnas de una matriz de tal manera que se puedan observar patrones de manera más despejada. Al intercambio de filas y columnas (si se quiere reagrupar las filas, se deberá reagrupar las columnas de la misma forma o no tendrá sentido la matriz para la mayoría de operaciones), se le conoce como "permutación" de la matriz.

Reconstruyamos mediante permutaciones la matriz de tal manera que los dos hombres y las dos mujeres sean adyacentes en ella. La permutación de la matriz sencillamente significa el cambio del orden de las líneas y columnas. En tanto que la matriz sea simétrica, si se cambia la posición de una línea también se debe cambiar la posición de la correspondiente columna.

	Pablo	Pedro	Carolina	Alicia
Pablo	-	1	1	0
Pedro	1	-	0	1
Carolina	1	1	-	0
Alicia	0	1	0	-

Ninguno de los elementos ha visto modificados sus valores a través de esta operación de reorganizamiento de las filas y columnas, sólo se han cambiado las cosas de lugar. También hemos resaltado algunas zonas de la matriz. Cada sección coloreada se denomina bloque. Los bloques se constituyen trazando líneas de división a través de las filas y columnas de la matriz. El trazado de estas líneas divisorias suele nombrarse partición de la matriz. La matriz del ejemplo ha sido dividida en función del sexo de los actores. La partición suele ser identificada como el proceso de “crear bloques en una matriz”, ya que la partición origina estos bloques.

Estos tipos de asociaciones se realizan con frecuencia en análisis de redes para comprender cómo algunos conjuntos de actores se encuentran metidos en roles sociales o en grandes entidades. Aquí, por ejemplo, puede considerarse que todos los ocupantes del rol social conocido como “mujer” escoge a los demás hombres como su amigo; ninguna mujer prefiere a otra como su amiga, y son más propensas a escoger hombres (3 opciones posibles de 4 se han elegido) que los hombres a seleccionar mujeres (solo se han seleccionado 2 combinaciones de las 4 posibles). Se ha asociado a las mujeres juntas para establecer una “partición”, “supernodo”, “rol social” o “bloque”. A menudo se dividen matrices de esta manera para identificar y probar ideas acerca de la forma en que los actores se encuentran involucrados en roles sociales u otros contextos.

Podemos pretender inspeccionar sólo posiciones o roles y obviar el análisis de los nodos individuales. Si calculamos la proporción de todos los vínculos que se encuentran en un bloque, se puede crear una matriz de bloques de densidad.

Haciendo esto se ignoran los vínculos reflexivos de nuestro ejemplo:

Matriz de bloques de densidad		
	Hombre	Mujer
Hombre	1.00	0.50
Mujer	0.75	0.00

Aun podemos agrupar más nuestra información, utilizando una imagen de bloque o matriz Imagen. Si la densidad en un bloque es mayor que una cantidad dada (pudiendo ser ésta la densidad promedio para la totalidad de la matriz, la cual es .58 en nuestro ejemplo actual), se introduce un “1” en una celda de la matriz de bloques, y un “0” en caso contrario. Este tipo de simplificación es llamada “imagen” de la matriz de bloques.

Matriz de bloques de densidad		
	Hombre	Mujer
Hombre	1	0
Mujer	1	0

Las imágenes de matrices de bloques son herramientas muy útiles para la simplificación de estructuras complejas de datos. Como cualquier procedimiento en el que se produzca una simplificación, debemos utilizar el buen juicio en la toma de decisiones sobre cómo identificar los bloques y qué cortes utilizar para la creación de imágenes, o podríamos desaprovechar importante información.

3.1.2.3 Operaciones matemáticas con matrices

La representación de las relaciones entre los actores por medio de matrices puede ser de gran ayuda para prestar atención a las estructuras de relaciones mediante la realización de manipulaciones simples como la suma de vectores fila o la partición de una matriz en bloques. Los analistas de redes sociales manejan una gran cantidad de operaciones matemáticas adicionales que pueden desarrollarse con matrices para una gran variedad de propósitos (suma y resta de matrices, trasposiciones, inversas, multiplicación de matrices y otras exóticas como determinantes, autovalores y autovectores). Sin pretender ilustrar sobre álgebra de matrices, es útil conocer al menos un poco sobre estas operaciones matemáticas y su utilización en el análisis de redes sociales.

- Trasposición de una matriz

Esto es, sencillamente, el intercambio de filas y columnas de forma tal que i se convierte en j y viceversa. Si se toma la matriz traspuesta de una matriz de adyacencia directa y se inspeccionan sus vectores fila, se estará prestando atención a los orígenes de los vínculos dirigidos a un actor. El grado de similitud entre una matriz de adyacencia y esta matriz traspuesta, es una forma de resumir el grado de simetría en el patrón de relaciones entre los actores. Es decir, la correlación entre una matriz de adyacencia y la traspuesta de esa matriz es la medida del grado de reciprocidad de los vínculos. La reciprocidad de los vínculos puede ser una propiedad muy significativa de una estructura social, con ella no nos referimos únicamente al equilibrio, sino al grado y forma de la jerarquía de una red.

– Inversa de una matriz

Se trata de una operación matemática que origina una matriz tal que al multiplicarla por la matriz original, produce una matriz nueva con números uno en la diagonal principal y cero en las demás posiciones (esto recibe el nombre de matriz de identidad). Sin profundizar en este tema, puede especularse que la inversa de una matriz es un tipo “opuesto” de la matriz original. Las matrices inversas también se utilizan para realizar otros cálculos en el análisis de redes sociales. Sin embargo, también puede resultar interesante estudiarlas en sí mismas. Es algo similar a mirar un rótulo negro sobre un papel blanco en contraste con un rótulo en blanco sobre un papel negro: a veces pueden observarse cosas diferentes.

– Suma y resta de matrices

Éstas son las operaciones matemáticas con matrices más fáciles. Simplemente sumamos o restamos cada elemento (i,j) correspondiente a dos o más matrices. Por supuesto, para cometer esto, las matrices deben tener el mismo número de elementos i y j (a esto lo llamamos matrices “compatibles” con la adición y la sustracción), y los valores de i y j deben estar en el mismo orden en cada matriz. A menudo, se recurre a la suma y la resta de matrices en el análisis de redes cuando se pretende simplificar o reducir la complejidad de múltiples datos a representaciones más simples.

Si contamos con una matriz simétrica que encarna el vínculo “intercambio de dinero” y otra que represente la relación “intercambio de bienes”, pueden sumarse las dos matrices para indicar la intensidad de la relación de intercambio. Las parejas que obtengan una puntuación cero no tendrán ninguna relación, aquellas con un “1” estarán relacionadas, bien por el trueque o por un intercambio de productos, y aquellos con una puntuación de “2” estarán vinculados tanto por las relaciones de trueque como de intercambio de productos.

Si por el contrario sustraemos la matriz de “intercambio de bienes” de aquella de “intercambio de dinero”, una calificación de -1 indicaría parejas con una relación de trueque; una puntuación de cero indicaría, o bien ninguna relación, o una relación de trueque o intercambio de productos y una puntuación de $+1$ indicaría parejas que sólo poseen una relación de intercambio de productos.

Uno u otro enfoque son útiles según las preguntas de investigación planteadas.

Algunas propiedades fundamentales que posee una red social tienen que ver con la forma en que se conectan los actores con los demás. Las redes que tienen pocas o débiles conexiones o actores conectados sólo por caminos de gran longitud, pueden mostrar baja solidaridad, una propensión a quedar apartados, lentitud de respuesta frente a estímulos y otras características similares. Las redes que poseen conexiones más fuertes con caminos pequeños entre los actores pueden ser más robustas y más capaces de responder con rapidez y efectividad. La comprobación del número y longitud de los caminos entre los actores en una red nos permite catalogar estas tendencias importantes en toda la red.

Las colocaciones de los actores individuales en las redes son también detalladas muy útilmente por el número y la longitud de los caminos que tienen con otros actores. Los actores que tienen muchos caminos hacia otros actores pueden ser más influyentes sobre ellos. Los actores que tienen caminos cortos a muchos otros actores pueden ser figuras influyentes o centrales. Entonces, el número y la longitud de los caminos en una red son muy importantes para entender, no solo las limitaciones y oportunidades individuales que los actores puedan poseer, sino para entender el comportamiento y potencial de la red en su totalidad.

Hay muchas medidas de la posición individual y global de la red que se fundamentan en dónde se localizan los caminos de longitudes determinadas entre los actores, la longitud del camino más corto entre dos actores y el número de caminos entre actores. De hecho, la mayoría de las medidas básicas de las redes, medidas de centralidad y poder y las medidas de agrupamiento y subestructuras de red se basan en un examen de la cantidad y longitud de los caminos entre los actores.

3.2 DATOS DE LAS REDES SOCIALES

De entrada, no podemos encontrar nada inusual en los datos manejados en el análisis de redes sociales. Quienes trabajan con redes tratan un lenguaje especializado para detallar la organización y los contenidos de los conjuntos de observaciones estudiados, pero los datos de redes también pueden

describirse y entenderse utilizando las perspectivas y los conceptos propios de métodos más familiares.

Sin embargo, los datos que los investigadores de redes sociales estudian reflejan a menudo grandes diferencias respecto a la tradicional matriz rectangular que conocemos, las diferencias son importantes porque implican que observemos los datos de una manera diferente, y también nos llevan a pensar de otras maneras sobre cómo manejar los procedimientos estadísticos.

Los datos sociológicos “convencionales” están compuestos por una matriz rectangular con mediciones. Las filas de la matriz son los casos, sujetos u observaciones mientras que las columnas son las puntuaciones (cuantitativas o cualitativas) de los atributos, variables o mediciones. Cada celda de la matriz representa la puntuación de algún actor con respecto a algún atributo.

La estructura de datos fundamental es la que nos permite comparar lo similares o diferentes que pueden ser los actores entre sí en base a los atributos (comparando las filas), o la similitud o escasez de ella que encontramos para las variables entre sí (comparando las columnas).

Los datos de la “red”, constituyen una matriz cuadrada de mediciones, siendo las filas de la matriz los casos, sujetos y observaciones, al igual que las columnas. Ese es el contraste clave con los datos convencionales, en cada celda de la matriz se detalla una correspondencia entre los actores.

Podemos observar esta estructura de datos de la misma manera que para el caso “convencional”, comprobando las filas de la matriz prestamos atención a qué actores se parecen a otros en la persona de su elección, mientras que al observar las columnas, podemos comprobar quienes se parecen refiriéndonos a si han sido escogidos por los demás. Estas formas son muy necesarias para observar los datos, ya que sirven para conocer que actores de nuestra red poseen posiciones similares. Este es el primer punto de interés en el análisis de redes: buscar como están situados o insertados en la red los diferentes actores.

Los analistas de redes sociales también deben considerar la estructura de datos de una manera global. Pueden notar en la matriz unas cantidades iguales de ceros y unos, sugiriendo que hay una “densidad” moderada de preferencias. También pueden realizar comparaciones entre las celdas que están por encima y por debajo de la diagonal para observar si hay reciprocidad entre las opciones. Éste es el segundo punto de importancia del análisis de redes: buscar cómo la estructura de las opciones individuales se abstrae en patrones más generales.

El mayor contraste entre datos convencionales y los obtenidos de la red es que los datos convencionales se centran en actores y atributos mientras los datos de red se centran en actores y relaciones. La diferencia en el énfasis es de gran importancia para las opciones que el investigador debe tomar al diseñar la investigación, no se trata de que las herramientas de investigación sean distintas entre los analistas de redes y los científicos sociales, se trata de que los propósitos específicos y el énfasis de la investigación de redes sociales implica consideraciones diferentes.

3.2.1 Fuentes de Datos

3.2.1.1 Cuestionarios.

Hay varias maneras de recolectar datos de los cuestionarios. La principal es cuando cada cuestionario forma una fila de la matriz de adyacencia del conjunto. Esto significa que, aunque analíticamente toda la matriz es un conjunto, cada fila es realmente obtenida a partir de una fuente diferente, y podría tener su propia idiosincrasia de medición (como sesgo).

Otra forma es "fila y columna de base", donde a cada persona se le pide no sólo "con quien" sino también "de quien". Eso significa que para cualquier par, como Antonio y Juan, tenemos dos puntos de datos: uno de Antonio, y uno de Juan. Entonces necesitamos emplear algún tipo de regla para decidir qué número va en la matriz: ¿es el que está si alguno de ellos dicen que es un uno, o sólo si ambos lo dicen? ¿O nos ponemos a la media, por lo que los valores van de 0 a 1/2 a 1?

3.2.1.2 Observación directa

Hay dos enfoques básicos para la observación directa. Uno de ellos es plantar un observador en una habitación y registrar todas las interacciones que tienen lugar en frente del observador. El otro es el método de asignación de tiempo, que se utiliza en la etología, donde el observador se presenta en varios lugares, a veces al azar, y registra quién está haciendo qué a quién en un intervalo muy corto.

3.2.1.3 Registros escritos

Algunos ejemplos son: comercio electrónico entre los países, bienes manufacturados, materias primas, interacciones políticas entre países, fusiones entre las empresas, actas de matrimonio.

3.2.1.4 Experimentos

Varios estudios en el pasado han sembrado rumores en las escuelas y observado la propagación a través del tiempo. Stanley Milgram, en una serie de estudios, examinó el número de enlaces que se requería para conectar cualesquiera dos personas elegidas al azar en los EE.UU.. Estos estudios fueron la base de la obra "Seis grados de separación".

3.2.1.5 Derivación

Teniendo en cuenta el actor-por-evento o datos de agente por grupo, siempre podemos construir una matriz de actor por actor contando el número de eventos / grupos que cada par de actores tiene en común.

Por ejemplo, en *Deep South* (Davis & Gardner & Gardner, 1941) observaron a través de las páginas de sociedad del periódico a las mujeres que habían asistido a eventos de sociedad. En la matriz, las filas son las mujeres, y las columnas son eventos a los que han asistido. Podemos construir una matriz de mujer-a-mujer multiplicando la matriz por su traspuesta ($Y = XX'$). El resultado es una matriz en la que la celda ij registra el número de eventos a los que las mujeres I y J asistieron en común.

3.2.2 Exactitud del Informante

Los investigadores de mercados han encontrado que los consumidores apenas pueden decir lo que tenían para el almuerzo ayer. Varios investigadores comprobaron con exactitud la información proporcionada y encontraron que alrededor del 52% de lo que se decía estaba mal.

Basado en el trabajo de varios investigadores, parece ser que para la gente, el recuerdo de sus interacciones con los demás está sistemáticamente sesgado hacia lo que es normal y / o lógico.

Las personas también tienden a recordar las interacciones con personas que son importantes, olvidando las interacciones con las personas que no lo son. Algunos de los encuestados se encuentran para verse bien, ya que la gente juzga a los demás según con quien se asocian.

Como con cualquier cuestionario, también hay problemas con la forma en que las personas interpretan las preguntas. El significado de "amigo" para una persona puede ser muy diferente de lo que "amigo" significa para los demás.

3.2.3 Escalas de medida

Como otros tipos de datos, también la información que se recoge sobre los lazos entre los actores puede ser medida en diferentes “niveles de medición” (podemos por ejemplo asignar puntuaciones a nuestras observaciones). Los diferentes niveles de medición son importantes, ya que limitan los tipos de preguntas que el investigador puede plantearse. Las escalas de medida también son importantes ya que cada tipo de escala tiene diferentes propiedades matemáticas y exige la utilización de algoritmos diferentes para describir patrones y ensayar inferencias sobre ellos.

Generalmente, distinguimos tres tipos de niveles de medición: binario, nominal y ordinal. Describiremos brevemente estas variaciones y presentaremos ejemplos de cómo pueden aplicarse en estudios de redes sociales.

- Medidas binarias de relaciones.

En la mayoría de situaciones, para asignar números a relaciones, es fácil distinguir entre relaciones ausentes (codificadas con un cero) y lazos que están presentes (codificados con un uno). Si pedimos en una encuesta “¿con quién de estas otras personas de la lista tienes una buena relación?”, estaremos haciendo una medición binaria. Cada persona que se seleccione de la lista será codificada con uno y los que no serán codificados con cero.

La mayor parte del desarrollo de la teoría de grafos en matemáticas y muchos algoritmos para la medición de propiedades de actores y redes, han sido desarrollados a través de datos binarios. Los datos binarios son abundantemente utilizados en análisis de redes, así que no es poco frecuente encontrar datos medidos en otras maneras y transformados en cálculos binarios antes de proceder al análisis. Para hacer esto, solo necesitamos seleccionar algún “punto de corte” y volver a recodificar los casos por debajo de ese punto con cero y por encima de él con uno. El analista necesita considerar qué es relevante y qué algoritmos deben aplicarse para decidir si es prudente recodificar los datos. Muy a menudo, el poder y simplicidad del análisis de datos binarios compensa la pérdida de información.

- Medidas nominales de categoría múltiple de las relaciones.

Al recolectar datos podemos pedir a nuestros entrevistados que miren una lista de individuos y nos digan: “para cada persona de la lista,

qué categoría describe mejor su relación con ella: amistad, amor, relación de negocios, parentesco o ninguna relación”.

Debemos puntuar a cada persona de la lista según posea una relación de tipo “1”, “2” etcétera. Este tipo de escala es nominal o cualitativa, cada relación de la persona hacia el sujeto es codificada por su tipo. A diferencia de los datos binarios nominales (verdadero – falso), la medida nominal de categoría múltiple es una selección múltiple.

El enfoque más común es utilizarlo para crear series de medidas binarias. Es decir, podemos tomar los datos a partir de la pregunta anterior y crear conjuntos separados de puntuaciones por lazos de amistad, lazos sentimentales, etcétera. Esto es similar al uso de una variable “dummy”, una forma de manejar muchos tipos de medidas de selección múltiple en análisis estadístico. Al inspeccionar los datos resultantes, debemos recordar que a cada nodo se le permite un solo tipo de relación. Una persona puede tener un lazo de amistad o uno sentimental, pero no ambos, como resultado de la forma en que hemos realizado la pregunta. Examinando las redes resultantes, las densidades pueden bajar artificialmente, y existirá una inherente correlación negativa entre las matrices.

- Medidas ordinales agrupadas de relaciones.

Las medidas ordinales agrupadas pueden utilizarse para mostrar una gran variedad de distintos aspectos cuantitativos de las relaciones. Los analistas de redes suelen estar a menudo implicados en la descripción de la “fuerza” de los lazos. Pero “fuerza” puede representar muchos tipos de cosas diferentes. Una dimensión es la asiduidad de la interacción, mientras que otra es la “intensidad”, lo cual suele reflejar el grado de implicación emocional asociado con la relación. Totalizando los datos nominales en función de la presencia o ausencia de múltiples tipos de relaciones, surge una escala ordinal de una dimensión que mide la fuerza de la relación. Las relaciones recíprocas también parecen ser más fuertes. Habitualmente podemos apreciar la reciprocidad preguntando a cada actor por sus preferencias sobre los demás. Sin embargo, también se puede preguntar a cada actor acerca de sus percepciones del grado de reciprocidad en una relación.

Las escalas ordinales de medición poseen mayor información que las nominales. Es decir, las puntuaciones reflejan ligeras diferencias de la fuerza del lazo más que una simple “presencia o ausencia”. Sin embargo, con frecuencia es difícil aprovechar los datos ordinales. Los

algoritmos más comúnmente usados para el análisis de redes sociales han sido diseñados para datos binarios.

3.3 PROPIEDADES BÁSICAS DE LAS REDES

3.3.1 Conexión

Dado que las redes están definidas por sus actores y las conexiones entre ellos, parece normal empezar la descripción de las redes examinando esas propiedades simples.

Concentrándonos en primer lugar en la red como conjunto, podríamos estar interesados en el número de actores y en el número de conexiones, tanto posibles como existentes. Las diferencias en el tamaño de las redes y en cómo están conectados los actores nos explica dos cosas acerca de las poblaciones humanas que son críticas. Los pequeños grupos difieren de los grandes en muchos sentidos importantes y las diferencias en cómo están conectados los actores de una población suelen indicar la "densidad moral" y la "complejidad" de su organización social .

Igual que las redes, los individuos difieren en esas características demográficas básicas. Los actores individuales pueden tener pocos o muchos lazos. Los individuos pueden ser "fuentes" de relaciones, "agujeros" (cuando solo reciben) o ambos. Esas clases de diferencias básicas entre las conexiones de los actores pueden ser esenciales a la hora de explicar cómo ven ellos el mundo y éste a ellos. El número y clase de lazos que los actores tienen es clave para determinar hasta qué punto su introducción en la red limita su conducta, así como el rango de oportunidades, influencia o poder que puede tener.

3.3.1.1 Densidad

Uno de los conceptos más utilizados, y quizás sobreutilizado, en la teoría de grafos es el de la "densidad", que describe el nivel general de la vinculación entre los puntos en un gráfico. Un gráfico "completo" es uno en el que todos los puntos son adyacentes entre sí: cada punto se conecta directamente a cualquier otro punto. Esta conclusión es muy poco frecuente, incluso en redes muy pequeñas, y el concepto de densidad es un intento de resumir la distribución global de las líneas con el fin de medir cuán lejos de este estado

se encuentra el gráfico. Cuantos más puntos conectados entre sí, más denso será el gráfico.

La densidad depende de otros dos parámetros de la estructura de red: estos son la "inclusión" de la gráfica y la suma de los grados de sus puntos. La inclusión se refiere al número de puntos que se incluyen dentro de las diversas partes conectadas del gráfico. Dicho de otro modo, la inclusión de un gráfico es el número total de puntos menos el número de puntos aislados. La medida más útil de inclusión para la comparación de diversos gráficos es el número de puntos conectados, expresados como una proporción del número total de puntos. Por lo tanto, un gráfico de 20 puntos con cinco puntos aislados tendría un carácter inclusivo de 0.75. Un punto aislado es aquel sin líneas y así no puede contribuir a la densidad de la gráfica. Por lo tanto, si el gráfico es más inclusivo, también será más denso. Los puntos que están conectados entre sí, sin embargo, varían en su grado de conexión. Algunos puntos estarán conectados a muchos otros puntos, mientras que otros estarán menos conectados. Cuanto mayor sea el grado de los puntos en un gráfico, más denso será. Con el fin de medir la densidad, es necesario usar una fórmula que incorpore estos dos parámetros. Se trata de comparar el número real de líneas que están presentes en un gráfico con el número total de líneas que estaría presente si la gráfica fuera completa.

El número máximo de líneas que pueden estar presentes en el gráfico se puede calcular fácilmente a partir del número de puntos que contiene. Cada punto puede ser conectado a todos excepto a sí mismo, y así un grafo no dirigido con n puntos puede contener un máximo de $n*(n-1)/2$ líneas distintas. El cálculo de $n*(n-1)$ indica el número total de pares de puntos en el gráfico, pero el número de líneas que podría conectar estos puntos es la mitad de este total, la línea que conecta el par A y B es la misma del par B y A. Se puede observar que el número de líneas aumenta a un ritmo mucho más rápido que el número de puntos. De hecho, este es uno de los mayores obstáculos a las medidas informáticas para redes grandes. Una gráfica con 250 puntos, por ejemplo, puede contener hasta 31.125 líneas.

En grafos dirigidos al cálculo de la densidad es un poco diferente. La matriz de datos dirigidos es asimétrica, una línea dirigida de A a B no significa necesariamente que exista una línea dirigida de B a A. Por esta razón, el número máximo de líneas que pueden estar presentes en un gráfico dirigido es igual al número total de pares que contiene. Esto se calcula simplemente como $n * (n - 1)$.

3.3.1.2 Accesibilidad

Podemos considerar que un actor es "accesible" por otro si existe un conjunto de conexiones mediante las cuales podamos trazar un camino, desde la fuente hasta el destino, y sin tener en cuenta cuántos otros nodos puedan estar entre ellos. Si los datos son asimétricos o dirigidos, es posible que el actor A alcance al actor B, pero que el actor B no pueda alcanzarlo al actor A. Con relaciones simétricas o recíprocas, cada par de actores es accesible si uno de ellos está conectado con el otro. Si algunos actores en una red no pueden alcanzar a otros, entonces existe una división potencial de la red, o podría indicar que la población de estudio está realmente compuesta por más de una subpoblación separada.

3.3.1.3 Conectividad

Individuos mejor conectados podrán aumentar su influencia y podrán ser más influenciados por los demás. Las diferencias en el grado de conexión tiene importantes consecuencias, los rumores se amplifican rápidamente cuando hay altas tasas de conexiones, pero también lo puede hacer la información útil. Las poblaciones más conectadas están mejor capacitadas para movilizar sus recursos y disponer de variadas y diversas perspectivas para solucionar los problemas.

A causa de que muchos individuos no están usualmente conectados directamente a la mayor parte de otros individuos en una población, puede ser bastante importante ir más allá simplemente examinando las conexiones inmediatas de los actores y la densidad media de las conexiones directas en poblaciones.

La conectividad calcula el número de nodos que tendrían que ser removidos para que un actor ya no sea capaz de llegar a otro. Si hay muchos caminos diferentes que conectan dos actores, es que tienen alta "conectividad", en el sentido de que hay varias maneras para que una señal llegue de uno a otro.

La conectividad puede ser una medida útil para entender las nociones de dependencia y vulnerabilidad.

3.3.2 Distancia

Las propiedades de las redes examinadas se refieren principalmente a las conexiones directas de un actor a otro. Pero la forma en que las personas se incrustan en las redes es más complejo que esto. Dos personas, A y B, puede tener cuatro amigos cada uno. Pero si observamos que ninguna persona de las amistades de A tiene otros amigos excepto A mientras que

las amistades de B tienen cinco amigos cada uno. Con esta información el potencial de B como influencia es mucho mayor que el de A. Esto es, ser un "amigo de un amigo" puede ser bastante necesario.

Para conocer cómo encajan los individuos en las redes deberíamos examinar la distancia a la que un actor está de los demás. Cuando dos actores se encuentran adyacentes su distancia es uno. Si A se une con B, y éste con C, sin que A se relacione con C, la distancia de los individuos A y C es de dos. A veces también nos puede interesar de cuántas maneras distintas se pueden conectar dos actores a una distancia dada.

El tamaño de las distancias entre los actores puede ser una importante característica de la red en su conjunto. Si las distancias son grandes, puede tardar mucho tiempo hasta que la información se divulgue por una población. Los actores que se encuentran cercanos entre sí son más capaces de ejercer poder que los que se encuentran más distantes.

3.3.2.1 Caminos

La forma más general de la relación entre dos actores en un gráfico se llama camino. Un camino es una secuencia de actores y relaciones que empieza y termina con actores. Un camino cerrado es aquel en el que el punto de inicio y final es el mismo actor. Un ciclo es un paseo cerrado de 3 o más actores, todos los cuales son distintos, excepto por el actor origen / destino.

El número de caminos de una longitud dada entre todos los pares de actores puede ser encontrado al elevar la matriz que representa las redes sociales a esa longitud.

3.3.2.2 Distancia geodésica

Una noción común de la distancia entre los vértices de un gráfico se define como la longitud del camino más corto posible de un actor a otro. Tanto para datos dirigidos como no dirigidos, esta distancia se refiere a menudo como la distancia geodésica, siendo "geodésica" otro nombre para los caminos más cortos. El valor de la distancia más larga en una gráfica se llama el diámetro de la gráfica.

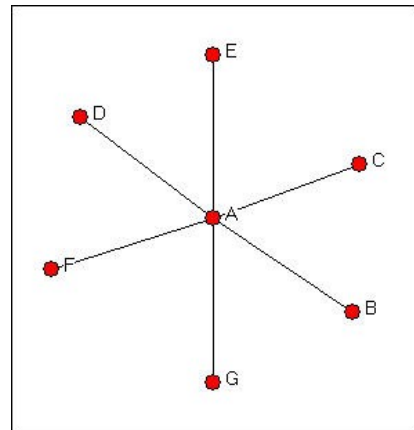
Para tener otra idea de la magnitud de una red, podríamos pensar en su diámetro. El diámetro de una red es la mayor distancia geodésica que podemos encontrar en una red. Con él podemos conocer cuán "grande" es la red, es decir, el número de pasos necesarios para recorrer la red de un

lado a otro. Conocer el diámetro es de utilidad al poder usarse para fijar un límite superior en las longitudes de las conexiones estudiadas.

A veces, el encontrarnos con muchos caminos conectados con la misma distancia geodésica para dos actores aumenta las probabilidades de que una señal se propague de uno a otro. Un índice de estos caminos es un recuento del número de caminos geodésicos entre cada par de actores. Por supuesto, cuando dos actores sean adyacentes, sólo podemos tener uno de estos caminos.

3.3.3 Centralidad y poder

La idea de la centralidad de los individuos y las organizaciones en las redes sociales fue de lo primero en ser estudiado por los analistas de redes sociales. Los orígenes inmediatos de esta idea se encuentran en el concepto sociométrico de la 'estrella', esa persona que es la más "popular" en su grupo o que se sitúa en el centro de atención. Desde los estudios iniciales de las propiedades formales de centralidad se han propuesto diferentes conceptos a la hora de definir lo que entendemos por centralidad. Lo que une a la mayoría de los enfoques de la centralidad es una preocupación por la centralidad relativa de los diversos puntos en el gráfico.



El poder que obtiene un actor es la dependencia que poseen los demás actores sobre éste. Podemos medir el poder en términos del concepto de centralidad, esto es, cómo de cercano reside un actor del centro de una red, es decir, de las posiciones que podrían darle mayor dominancia e influencia.

Los investigadores han intentado capturar la importancia de las llamadas medidas de centralidad.

3.3.3.1 Centralidad de grado

Recordemos que el grado d_v de un vértice v , en un gráfico de la red $G = (V, E)$, cuenta el número de aristas en E que inciden sobre v . Esto significa que proporciona una cuantificación de la extensión en que v está conectado a otros vértices dentro del gráfico, es decir, es el número de conexiones directas (distancia igual a 1) que tiene un actor con los demás.

Dado un gráfico de la red G , definimos f_d como la fracción de vértices $v \in V$ con grado $d_v = d$. La colección $\{f_d\}$ con $d \geq 0$ se llama el grado de distribución de G . La versión normalizada divide el grado por el máximo grado posible, el cual es generalmente $N-1$, produciendo una medida que va entre 0 y 1.

Lo consideramos como el número de vínculos que tenemos con los demás nodos, pudiéndolo calcular como la suma de filas o columnas de la matriz de adyacencia.

Los actores que tienen más vínculos con otros actores pueden ocupar posiciones aventajadas. Debido a que tienen muchos lazos, pueden tener formas alternativas para satisfacer necesidades, y por lo tanto son menos dependientes de otros individuos. Debido a que tienen muchos vínculos, pueden tener acceso a, y ser capaces de llamar a más de los recursos de la red en su conjunto. En una red de amistad, el grado se puede traducir como la popularidad de un vértice en su red de amistades.

En los datos no dirigidos, los actores difieren entre sí sólo en el número de conexiones que tienen. Con los datos dirigidos, sin embargo, puede ser importante distinguir la centralidad basada en las conexiones que entran y salen del nodo. Si un actor recibe muchos lazos, a menudo se dice que es importante, o que tiene un alto prestigio. Es decir, muchos otros actores buscan dirigir vínculos con él, lo que puede indicar su importancia. Los actores que tienen inusualmente alto grado de salida son actores que son capaces de intercambiar con muchos otros, o hacer conscientes a muchos otros sus puntos de vista. Este tipo de actores se dice muchas veces que son actores influyentes.

3.3.3.2 Grado de Cercanía

Las medidas de centralidad de grado pueden ser criticadas porque sólo tienen en cuenta los vínculos inmediatos que un actor tiene, o los lazos de los vecinos de los actores. Un actor podría estar vinculado a un gran número de otros, pero esos otros podrían estar más bien desconectados de la red en su conjunto. En un caso como éste, el actor podría ser muy central, pero sólo en un barrio local.

Los enfoques de proximidad central subrayan la distancia de un actor a todos los demás en la red. Dependiendo de cómo se quiere pensar en lo que significa estar "cerca" de los demás, una serie de medidas ligeramente diferentes pueden ser definidas. Otra forma de pensar en lo cerca que está un actor de todos los restantes es preguntar qué parte de todos los demás ego puede llegar en un paso, dos pasos, tres pasos, etc.

Una noción común de "central" es que un vértice sea cercano a muchos otros vértices. Las medidas de proximidad central intentan captar esta noción. El enfoque estándar es dejar que la centralidad varíe inversamente con una medida de la distancia total de un vértice a todos los demás, $C_{Cl} v = 1 / \sum_{u \in V} dist(v, u)$ donde $dist(v, u)$ es la distancia geodésica entre los vértices $u, v \in V$. A menudo, la comparación entre los gráficos y con otras medidas de centralidad, esta medida se normaliza para estar en el intervalo $[0,1]$, a través de la multiplicación por un factor $N_v - 1$.

La suma de las filas / columnas de la matriz de distancias geodésicas de un gráfico nos da el valor de la cercanía.

3.3.3.3 Intermediación

Supongamos que queremos influir en alguien con el envío de una información. Pero, para hablar con esa persona, tengo que ir a través de unos intermediarios. Cada una de estas personas podría retrasar la información, o incluso evitar que llegue a su destino. Esto les da a esas personas que se encuentran en el camino que queremos tomar un poder sobre nosotros.

Este tipo de centralidad se basa en la perspectiva de la "importancia" que tiene un vértice según donde se encuentra con respecto a los caminos en el gráfico de la red. Si nos imaginamos a los caminos como las rutas por las que, por ejemplo, la comunicación de algún tipo u otro se lleva a cabo, los vértices que se encuentran en muchos caminos probablemente son más importantes para el proceso de comunicación. Las medidas de centralidad de intermediación están dirigidas a resumir el grado en que un vértice se encuentra "entre otros pares de vértices".

La centralidad de intermediación más utilizada se define como $c_B v = \sum_{s \neq t \neq v \in V} \frac{\sigma(s, t | v)}{\sigma(s, t)}$ donde $\sigma(s, t | v)$ es el número total de rutas más cortas entre s y t que pasa a través de v , y $\sigma(s, t) = \sum_v \sigma(s, t | v)$. En el caso de que los caminos más cortos sean únicos, $c_B(v)$ sólo cuenta el número de caminos más cortos que pasan a través de v . Esta medida de centralidad puede ser restringida al intervalo unidad a través de la división por un factor de $(N_v - 1) * (N_v - 2) / 2$.

Más precisamente, si g_{ij} es el número de caminos geodésicos de i a j y g_{ikj} es el número de caminos de i a j que pase a través de k , entonces g_{ikj} / g_{ij} es la proporción de caminos geodésicos de i a j que pase a través de k . La suma $c_k = g_{ikj} / g_{ij}$ para todos los pares i, j es la centralidad de intermediación.

En un proceso de difusión, un nodo que tiene intermediación puede controlar el flujo de información, actuando como un guardián. Ese nodo también puede servir como un enlace entre las regiones dispares de la red.

3.3.3.4 Eigenvector

Una tercera clase de medidas de centralidad se basa en nociones de "prestigio" o "rango". Es decir, tratan de captar la idea de que cuanto más centrales sean los vecinos de un vértice, mas central será ese vértice por sí mismo. Estas medidas son inherentemente implícitas en su definición y por lo general se pueden expresar en términos de soluciones del vector propio de los sistemas lineales de ecuaciones definidas apropiadamente. Hay muchas de estas medidas de centralidad del vector propio. Por ejemplo, podemos definir una medida fundamental de la forma $c_{EI}(v) = \alpha * \sum_{\{u,v\} \in E} c_{EI}(u)$ donde el vector $c_{EI} = (c_{EI}(1), \dots, c_{EI}(N_v))^T$ es la solución al problema de valor propio.

$A c_{EI} = \alpha^{-1} c_{EI}$, donde A es la matriz de adyacencia para la red gráfica G . Una elección óptima de α^{-1} es el mayor valor propio de A , y por lo tanto c_{EI} es el vector propio correspondiente.

Un nodo es central en la medida en que el nodo está conectado a otros que son centrales. En la difusión de una infección, un actor que está en lo alto de la centralidad del vector propio está conectado a muchos actores que están a su vez conectados con los principales actores, multiplicando así su riesgo.

Cada una de las medidas de centralidad definidas hasta ahora, basadas en la cercanía, intermediación y vectores propios, están bien motivadas por interpretaciones particulares del término "central". Sin embargo, como estas interpretaciones difieren una de la otra, no debería ser sorprendente que los resultados obtenidos mediante la aplicación de ellos puedan variar en consecuencia.

3.3.4 Grupos y subestructuras

Muchos de los enfoques para la comprensión de la estructura de una red enfatizan cómo las conexiones densas son construidas a partir de simples duos y tríos extendidos en racimos densos como grupos. Este punto de vista de la estructura social centra la atención en cómo la solidaridad y la conexión de las grandes estructuras sociales se puede construir a partir de componentes pequeños y apretados: una especie de dentro a fuera. Los analistas de redes han desarrollado una serie de definiciones útiles en

algoritmos que identifican cómo las estructuras más grandes se componen de las más pequeñas.

Las divisiones de los actores en grupos y sub-estructuras puede ser un aspecto muy importante de la estructura social. Puede ser importante en la comprensión de cómo es probable que se comporte la red en su conjunto. Supongamos que los actores de una red forman dos grupos no superpuestos, y, supongamos que los actores en otra red también forman dos grupos, pero que las membresías se superponen (algunas personas son miembros de ambos grupos). Donde los grupos se superponen, la difusión se puede propagar rápidamente a través de toda la red; donde los grupos no se solapan, pueden producirse los rasgos en un grupo y no difundirse al otro.

Conocer cómo se inserta un individuo en la estructura de los grupos dentro de una red también puede ser crítico para la comprensión de su comportamiento. Por ejemplo, algunas personas pueden actuar como "puentes" entre los grupos. Algunos actores pueden ser parte de una elite bien conectada y cerrada, mientras que otros están completamente aislados de este grupo. Estas diferencias en la forma en que los individuos están insertados en la estructura de los grupos dentro de una red puede tener profundas consecuencias para la forma en que estos actores ven su "sociedad", y las conductas que les gusta practicar.

En cuanto a toda la red, podemos pensar en subestructuras como las áreas de la gráfica que parecen ser localmente densas, pero separadas en cierta medida del resto de la gráfica. Esta idea ha sido aplicada en numerosas maneras: componentes, bloques, K-núcleos o facciones.

La idea de que algunas regiones de un gráfico pueden estar menos conectadas al conjunto que otras nos puede ayudar a diferenciar mejor las líneas de visión de la división. Las partes más débiles en el "tejido social" también crean oportunidades para la intermediación. Por lo tanto, el número y tamaño de las regiones, así como su "topología de conexión", pueden ser consecuencias para predecir tanto las oportunidades y las limitaciones que enfrentan a los grupos y actores como la predicción de la evolución de la propia gráfica.

3.3.4.1 Clique

La idea es relativamente simple. A nivel más general, una pandilla es un sub-conjunto de una red en la que los actores están más cerca e intensamente ligados entre sí que con los otros miembros de la red. En cuanto a los lazos de amistad, por ejemplo, no es inusual que las personas

en los grupos humanos formen cliques o "camarillas" en función de la edad, género, raza, etnia, religión, ideología, y muchas otras cosas. Los cliques más pequeños se componen de dos actores: dúos. Pero los dúos pueden "extenderse" y ser cada vez más inclusivos.

La definición formal, como se utiliza en el análisis de redes, es mucho más precisa que la noción general de una alta densidad local. Formalmente, es el máximo número de actores que tienen todos los posibles vínculos entre sí. Un "subgrafo completo máximo" es una agrupación de este tipo.

3.3.4.2 *N-cliques*

La definición estricta de clique (máximo subgrafo plenamente conectado) puede ser demasiado fuerte para muchos propósitos. Se insiste en que todos los miembros, o un subgrupo, tienen un vínculo directo con cada uno de los demás miembros. Podemos pensar en los casos de cliques donde al menos alguno de los miembros no están tan estrechamente conectados. Hay dos formas principales de que la definición de clique se "relaje" para tratar de hacerla más útil y general.

Una alternativa consiste en definir un actor como un miembro de un clique si está conectado a todos los demás miembros del grupo a una distancia mayor que uno. Por lo general, se utiliza la distancia de dos. Esto equivale a ser "un amigo de un amigo". Este enfoque de la definición de subestructuras se denomina N-clique, allí donde N es la longitud de la ruta de acceso permitido para hacer una conexión con todos los demás miembros.

3.3.4.3 *Componentes*

Llamamos componentes de un grafo a los subgrafos que están conectados internamente, pero desconectados con otros subgrafos. Si un grafo contiene uno o más elementos "aislados", estos actores son componentes. Los componentes más interesantes son aquellos que dividen la red en partes separadas, y donde cada parte tiene varios actores que están conectados entre sí.

Para grafos dirigidos, en contraste con los grafos simples, podemos definir dos tipos diferentes de componentes. Un componente débil es un conjunto de nodos que están conectados, independientemente de la dirección de los lazos. Un componente fuerte requiere que haya un camino dirigido de A a B, a fin de que los dos estén en la misma componente.

3.3.4.4 Bloques y puntos de corte

Un enfoque alternativo para la búsqueda de puntos clave "débiles" en el gráfico es preguntar: si se elimina un nodo, ¿la estructura se encontraría dividida en partes no-conectadas?. Si existen estos nodos se llaman puntos de corte. uno puede imaginar que estos puntos de corte pueden ser actores particularmente importantes, pueden actuar como intermediarios entre los grupos desconectados. Las divisiones en que los puntos de corte separan un gráfico se llaman bloques. Podemos encontrar los subgrafos máximos no separables (bloques) de un gráfico mediante la localización de los puntos de corte. Es decir, tratamos de encontrar los nodos que conectan el grafo (si los hay).

3.3.4.5 Puentes

Un enfoque alternativo nos hace preguntar si hay ciertas conexiones en el gráfico que, si se retiran, conformarían una estructura desconectada. Un puente local de grado k es una conexión cuya eliminación hace que la distancia entre los puntos finales de la conexión pase a ser al menos k . La conectividad de las conexiones de un grafo es el número mínimo de líneas cuya eliminación desconecta el gráfico. El número mínimo de conexiones que separan dos puntos no adyacentes s y t es también el número máximo de conexiones por caminos disjuntos entre s y t .

4 TEORÍA PREVIA PARA EL CASO PRÁCTICO

4.1 RELACIONES DE AMISTAD

Si dentro de un cierto contexto un grupo de personas, ya sean inicialmente desconocidos o no, tienen la oportunidad de interactuar durante un determinado período de tiempo, se establecerán relaciones amistosas, y en consecuencia, surgirá una red de relación afectiva. La estructura de este tipo de red puede ser descrita de acuerdo con una variedad de medidas de red, tales como el grado de reciprocidad, el grado de transitividad, el grado de segmentación, y la agrupación en conglomerados. La estructura de una red de amistad es el resultado de individuos que actúan a la vez y que continuamente tienen la oportunidad de optar por iniciar, establecer, mantener y disolver las relaciones. Estos procesos de elección no se basan en el azar puro, pero pueden, hasta cierto punto, describir algunos de los principios que subyacen en el comportamiento individual.

Las amistades son de carácter más íntimo y personal. No son solamente más exigentes o más voluntarias, sino también relaciones más singulares que las relaciones amistosas. Aunque intuitivamente todo el mundo tiene una idea sobre el significado de la amistad, sin embargo, es muy difícil llegar a una definición formal clara y sencilla de la amistad. Todos hablamos en términos de mejores amigos, amigos, conocidos, etc., lo que sugiere que, al menos en general, la gente sabe qué es la amistad, y que son capaces de hacer una distinción entre los distintos grados de amistad. Sin embargo, la amistad es un concepto ambiguo, vago y multidimensional. El significado de la amistad depende de la clase social, la edad, la etapa de la vida en que nos encontremos y el género.

La amistad es una relación voluntaria en el sentido de que hay libertad para elegir con quien quiero ser amigo o prefiero que sean mis amigos. Esto puede ser ejemplarizado por un grupo de estudiantes de primer año de la universidad. Al principio, la principal preocupación es llegar a conocer a los demás, para lograr un nivel de amistad con algunos y, en general, para pasar un buen rato. Durante la primera interacción verbal y no verbal nos concentramos en las características visuales, como el género y la raza, pero también en el atractivo físico, el comportamiento y los indicadores visibles con respecto a miembros de algunas sub-culturas. Se evalúa en términos de los propios valores, normas e intereses esas interacciones, prestando atención también a la interacción entre los demás.

Si las expectativas son positivas con respecto a ciertas personas, se pondrá más esfuerzo y dedicará más tiempo y energía en la continuación del contacto, con la esperanza de que algunas relaciones amistosas evolucionan en una amistad.

4.2 RELACIONES PERSONALES EN LA ESCUELA

La escuela no es sólo un lugar donde los niños aprenden lectura, escritura y matemáticas. También es un lugar donde aprenden a llevarse bien con otras personas y desarrollar habilidades sociales. Las habilidades sociales son las habilidades que necesitamos para interactuar de forma adaptativa en nuestro entorno cultural. Aunque los estudiantes no reciben calificaciones en las pruebas sociales de sus profesores, sus compañeros están constantemente dándoles "notas" en "pruebas sociales" todos los días.

Al igual que con otras habilidades, los niños varían mucho en lo bien que son capaces de formar amistades y ganar aceptación de sus pares. Dado que los estudiantes se dan puntuaciones entre sí, los niños adquieren diferentes niveles de estatus social en la escuela. El estatus social representa la relación con otros miembros de la clase del niño.

Algunos niños están bien dotados de habilidades sociales. Son muy populares y muy queridos por todos o la mayoría de sus compañeros. Algunos parecen tener un don para hacer amigos y llevarse bien con los demás. Son muy amables y sobresalen, siempre parecen estar a gusto con la gente. Los estudiantes populares suelen ser los líderes en la escuela. Son seguros de sí mismos e influyente.

Algunos niños son tímidos o callados. Pueden tener uno o dos amigos cercanos, pero no un gran grupo de amigos, no involucrándose en muchas actividades dentro o fuera de la escuela. Los niños tímidos, por lo general, no son infelices con la forma en que se llevan con los demás, pero desearían poder sentirse más cómodos e involucrarse más. Algunos niños tímidos se vuelven ansiosos en situaciones sociales.

Los niños que tienen más dificultades sociales en la escuela son los que son rechazados por sus compañeros. A los otros niños no les gustan y no siempre son tratados bien. Los niños rechazados son los que reciben burlas y acoso, siendo excluidos de las actividades de grupo por sus pares.

Los niños son rechazados por sus compañeros por muchas razones. Puede ser difícil que caigan bien a causa de su mal comportamiento, pueden intimidar a otros estudiantes o meterse en problemas. Otros niños son rechazados debido a que son tímidos o pasivos. Otros niños son rechazados por ser diferentes, pueden tener un aspecto diferente, se visten diferentes o aprenden de manera diferente. Puede ser su ropa, color de piel, sus gestos o su físico lo que les haga diferentes a lo considerado "aceptable" por los estudiantes más populares. Otros estudiantes que quieren ganar el favor de los estudiantes populares pueden voluntariamente colaborar en contra de sus compañeros de clase peor vistos.

4.3 REDES SOCIALES

Al hablar de redes sociales basadas en Internet nos referimos a un indiscutible fenómeno social. El deseo de comunicar nuestras experiencias y la necesidad de pertenencia a un grupo provocan esta actividad colectiva, el software reubica los actos diarios a un sitio informático, facilitando la interacción de una manera completamente nueva. Si antes llamábamos por teléfono para contarle a un amigo donde estábamos pasando unos días de vacaciones, ahora podemos publicar nuestra localización o trasladar esa información en nuestro estado, a todos nuestros contactos y en tiempo real. De igual modo, las redes sociales on-line hacen perceptible la organización social en forma de redes. Por ejemplo, Facebook nos enseña el número de amigos y, a través de este servicio, podemos comprobar de manera visual los contactos que forman parte de una parte de nuestra red social.

Denominamos redes sociales horizontales a las que no tienen una temática definida, están destinadas a un público genérico, y se centran en las relaciones. La motivación de los usuarios al suscribirse a ellas es la interrelación general, sin un propósito concreto. Su función principal es la de relacionar personas a través de las herramientas que ofrecen, y todas comparten las mismas características: crear un perfil, compartir contenidos y generar listas de contactos.

La red horizontal más utilizada en España es la red Tuenti, enfocada al público más joven. Se denomina a sí misma como una plataforma social de comunicación. Esta compañía española, inaugurada en noviembre de 2006, alcanzó en febrero de 2012 los 13 millones de usuarios. Aparte de las posibilidades comunes, dispone de Tuenti Sitios, Tuenti Páginas y Tuenti Juegos. Es la red más utilizada entre los menores de 25 años de nuestro país.

5 ANÁLISIS DE REDES SOCIALES EN EL AULA

5.1 CASO DE ESTUDIO

Los alumnos de un centro han permanecido en las mismas clases (A, B y C) desde que entraron en él en 1º de primaria hasta 6º de primaria. Para el curso de 1º de ESO se decide mezclar a los alumnos de las tres clases. En nuestra clase de estudio, además, tenemos alumnos recién llegados al centro. Pasado el primer trimestre del curso, como tutores de esa clase, nos interesa conocer si hay algún problema de integración mediante las relaciones entre nuestros alumnos, así como conocer si ha habido una socialización entre los alumnos no condicionada por las relaciones previas que pudieran poseer con sus compañeros de clase en años anteriores. Queremos conocer si mantienen relación solamente con los compañeros que ya conocían o también han hecho nuevas relaciones, si se nota alguna diferencia entre chicos y chicas, quien parece el más popular, si hay alguien que se encuentre aislado, etc., para poder tomar medidas que faciliten la integración de todos los miembros del grupo.

Como las relaciones en el aula están condicionadas por la posición de los asientos en que se encuentran los alumnos en el aula, y no podemos estar controlándoles, no solo durante todas las clases, sino en los descansos y recreos, vamos a averiguar si hay una relación de amistad de otra manera. Para contestar a las preguntas anteriores y otras durante el trabajo, nos fijaremos en los datos recabados por el número de conversaciones que realizaban, en la red Tuenti, entre los alumnos de la clase durante el primer mes del segundo trimestre. Los datos con los que trabajaremos serán los indicados en las tablas 1 y 2.

5.2 INTRODUCCIÓN Y VISUALIZACIÓN DE LOS DATOS

Para realizar un análisis de redes sociales hay muchos programas que podemos usar, varios de los cuales son específicos para su uso. En la realización de este trabajo vamos a utilizar el programa *R*, esto es debido al empleo del programa durante el grado, confiriéndole una mayor facilidad de manejo al estar más habituados a su interfaz y órdenes básicas. Los paquetes con los que trabajaremos principalmente serán: *igraph* y *statnet*.

Los datos de la tabla 1 muestran los nombres de los alumnos, así como su género, clase anterior y nacionalidad. Para los alumnos de nuevo ingreso se les ha asignado la letra D como clase anterior.

En la tabla 2 tenemos las relaciones entre los alumnos (quien habla con quien) junto con el número de conversaciones y si ambos pertenecían a la misma clase anteriormente o no.

Empezaremos haciendo una descripción simple de la red.

Tenemos 26 alumnos (nodos) y 72 conversaciones (enlaces). Sin tener en cuenta quien ha empezado las conversaciones, los que menos han tenido han sido Alejandro, Eduardo, Miguel y Natanel con una, a diferencia de Ricardo y Sofía que han sido los que han mantenido un mayor número de conversaciones con 12. Se tiene una media de 5.5 conversaciones y la moda es de cuatro conversaciones.

Respecto al alumnado, quince son chicos y once chicas; once pertenecían a la clase A, diez a la clase B, dos a la clase C y tres son alumnos recién llegados al centro. La mayoría de las chicas provienen de la clase A (6), mientras que la clase que más chicos aporta es la B (7). La clase está compuesta por estudiantes de origen español es su mayoría (22), con solo cuatro de nacionalidad extranjera, dos de ellos llegados este curso al centro.

A continuación veremos la red de nuestros alumnos y la modificaremos para las diversas características.

Diferenciación por género:

Al mostrar la red mediante grafos dirigidos podemos notar como parece haber dos grupos en ella, uno formado por varias chicas y un chico mientras que otro presenta una mayoría de chicos en él, así como varios nodos con una sola conexión (Figura 1). Al tener en cuenta el número de conversaciones que se han producido entre los alumnos podemos notar como no destacan demasiadas, siendo las relaciones más fuertes producidas mayoritariamente entre las chicas (Figura 2).

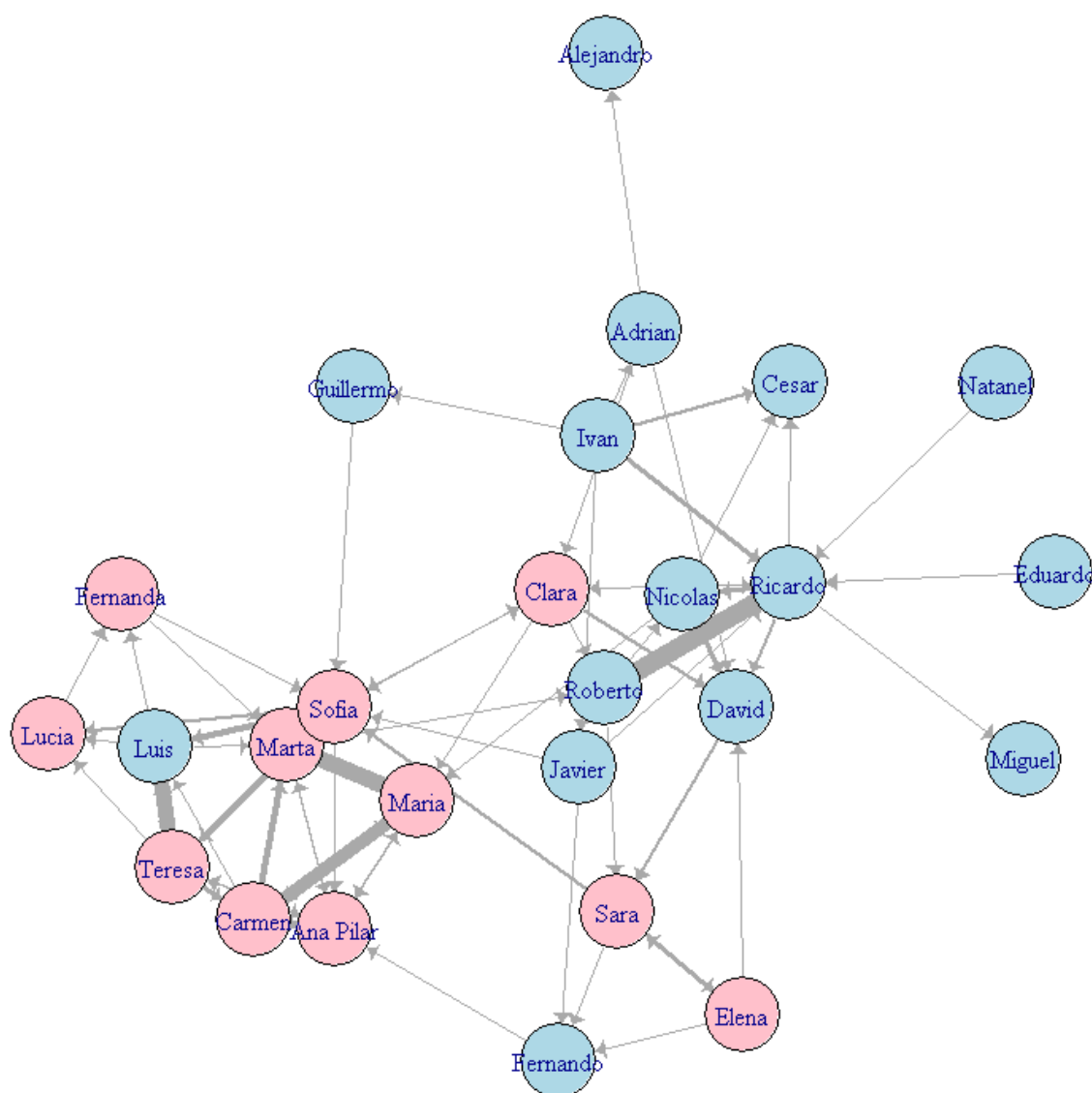


Figura 2.

Diferenciación por nuevas relaciones:

Notamos que se han producido muchas nuevas relaciones, de hecho la mayoría de las relaciones en el aula son nuevas (Figura 3), especialmente entre las chicas. Curiosamente, la mayoría de las relaciones más fuertes de la clase se producen entre nuevos compañeros. Hay tres alumnos, todos ellos chicos, que no mantienen contacto con ningún compañero procedente de otras clases (Figura 4).

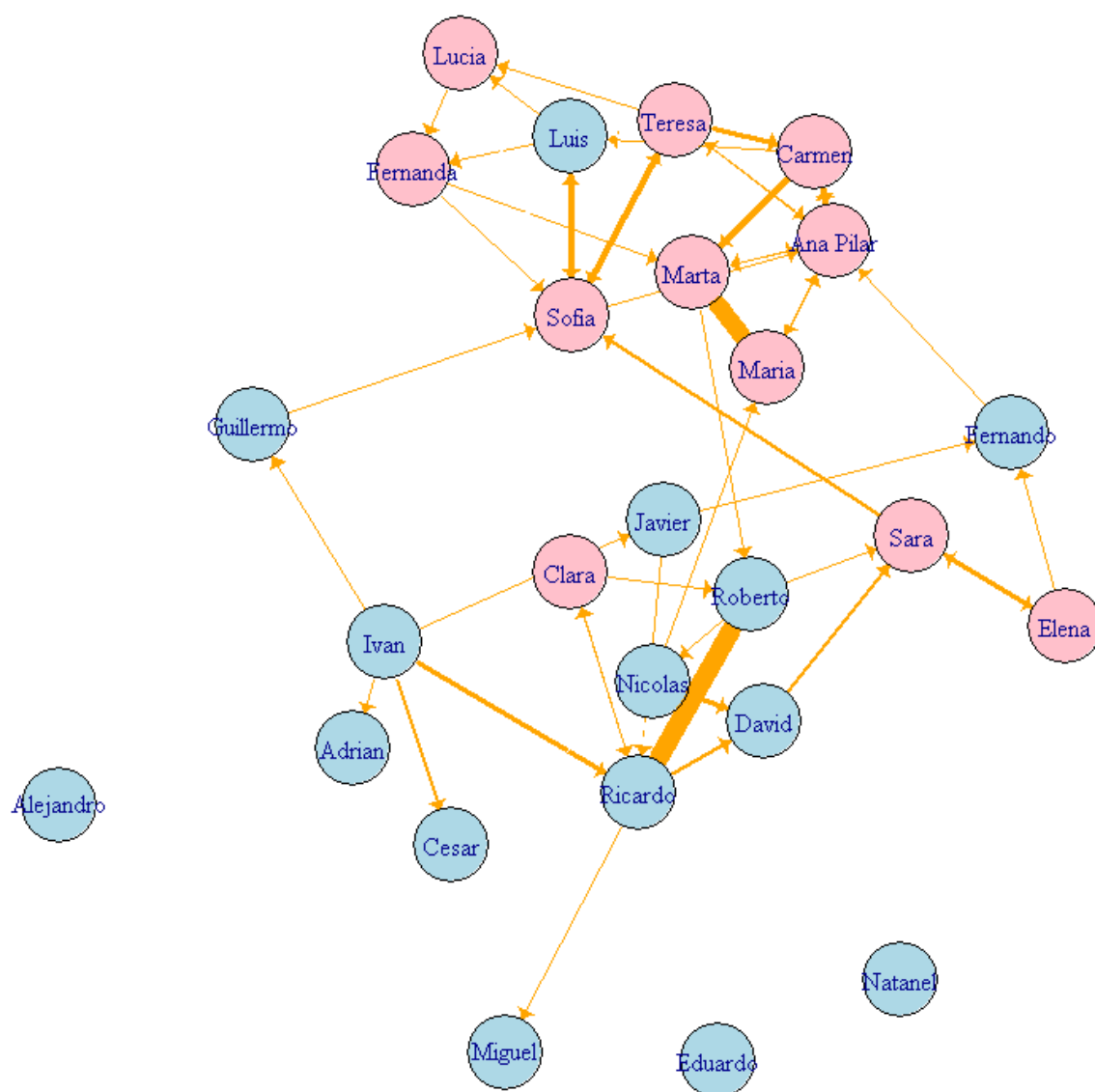


Figura 4.

Diferenciación por antigua clase:

Al diferenciar por la antigua clase a los alumnos, se hace más claro que no tiene ninguna influencia a la hora de relacionarse (Figura 5). De lo que si nos damos cuenta es que, si nos fijamos solo en las relaciones con los antiguos compañeros, hay algún tipo de relación entre todos los antiguos alumnos de la clase A (excepto uno), mientras que los de la clase B están divididos en tres grupos y los dos de la clase C no mantienen ninguna relación. Los alumnos que se acaban de incorporar al centro no poseen ninguna relación previa (Figura 6).

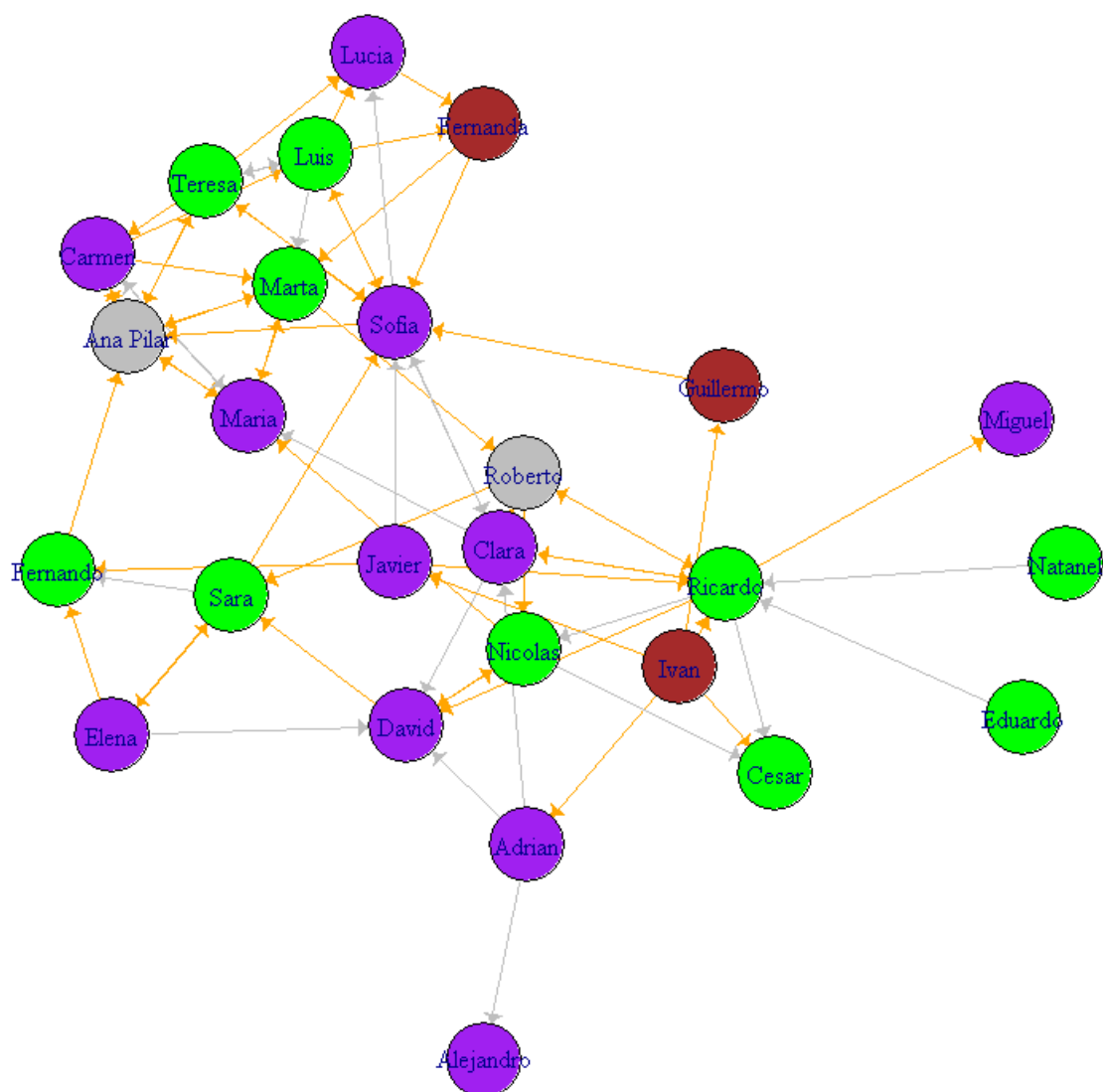


Figura 5.

Diferenciación por nacionalidad:

No observamos ningún problema a la hora de relacionarse con los alumnos de nacionalidad extranjera, de hecho uno de ellos (Ricardo) parece que posee el mayor número de relaciones en la red (Figura 7).

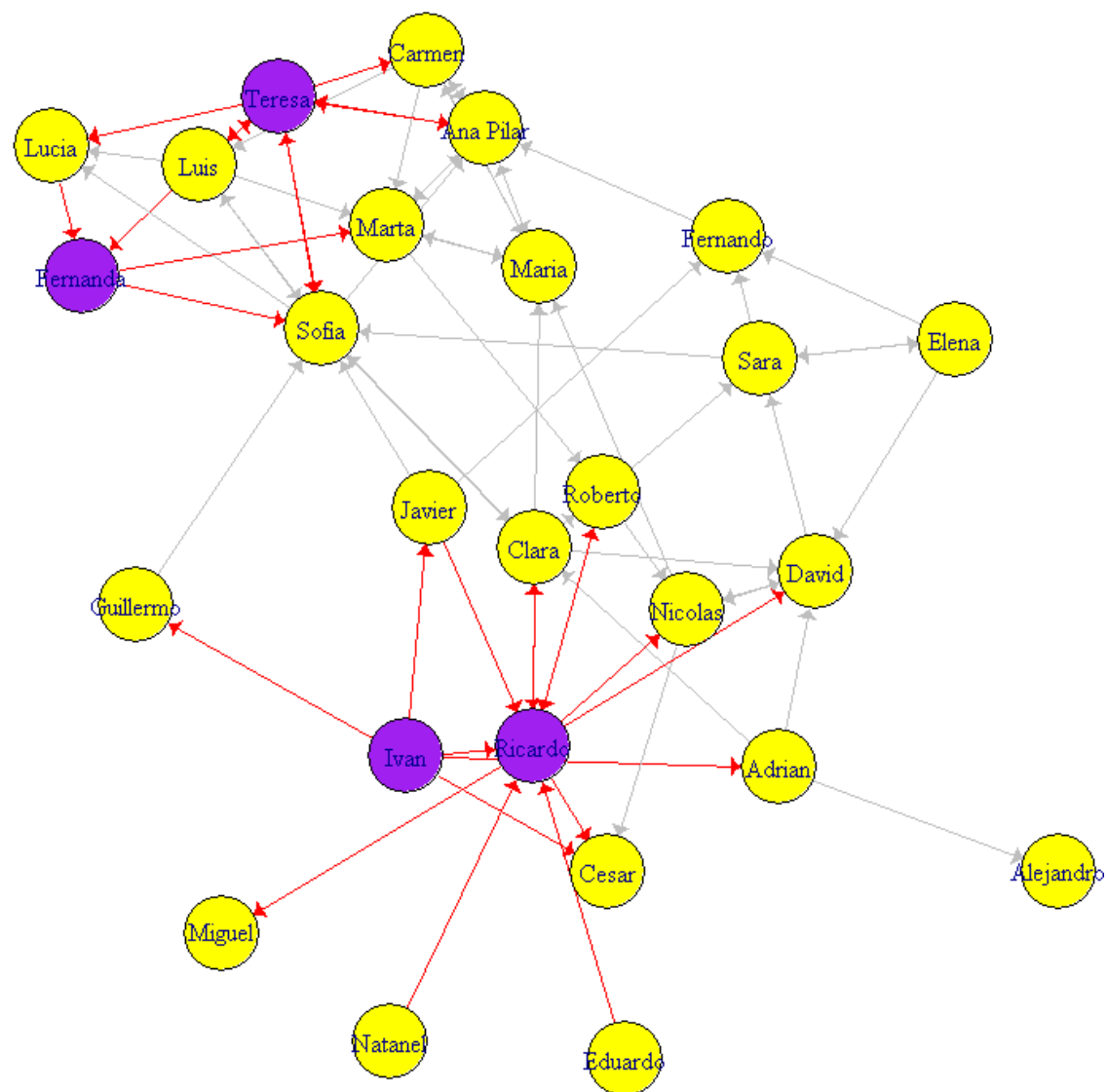


Figura 7.

5.3 CARACTERÍSTICAS.

Comenzamos prestando atención a las diferentes propiedades de la red. Las separaremos en tres grupos: distancias, centralidad y grupos.

5.3.1 Distancias

Encontraremos en primer lugar las distancias geodésicas, es decir, el mínimo número de compañeros con quienes hay que hablar para pasarle una información a otro compañero.

Al considerar las relaciones como una red dirigida, tenemos que Alejandro, Cesar y Miguel no empiezan una conversación con nadie y nadie la empieza con Eduardo, Iván y Nataniel. Observamos que Adrián, Guillermo y Javier son los que menos conversaciones reciben, solo una y de la misma persona, Iván. Los alumnos a los que un mayor número de compañeros les pueden hacer llegar su opinión son Cesar y Miguel, siendo accesibles por todos sus compañeros excepto por Alejandro y entre ellos. Curiosamente, ambos no empiezan ninguna conversación con nadie, tal vez porque no les hace falta al poder enterarse, más tarde o más temprano, de lo que sus compañeros quieran informarles. De todos los alumnos, Iván es el que puede propagar cualquier información a un mayor número de compañeros, todos excepto Eduardo y Nataniel, con quienes nadie se molesta en comenzar una conversación. Es destacable notar que a él nadie empieza a hablarle, tal vez porque ya se encargue por sí mismo de dar cualquier información antes de ser preguntado. La media de los caminos más cortos entre dos alumnos es de 2.6, es decir, tienen que hablar de media con ese número de personas para hacer llegar cualquier información a un compañero.

La mayor distancia encontrada entre todos los caminos más cortos es de cinco personas, encontrándose los alumnos Miguel y Cesar en un extremo y David en el otro los que se encuentran más distanciados en la red (Figura 8). Esta distancia difiere totalmente cuando tenemos en cuenta el número de conversaciones, a mayor cantidad de conversaciones mayor rapidez a la hora de propagar una información. Para esta situación la mayor trayectoria está compuesta por seis personas, con Lucia y Fernando los alumnos más distanciados (Figura 9).

Si no nos fijamos en quien ha empezado la conversación y solo en que ésta ha tenido lugar, estamos considerando nuestra red como una red no dirigida. En estas circunstancias la mayor distancia encontrada es de cuatro

personas. Los alumnos que más lejos se encuentran entre si son, por un lado, Carmen y Ana Pilar, y por el otro, Alejandro (Figura 10).

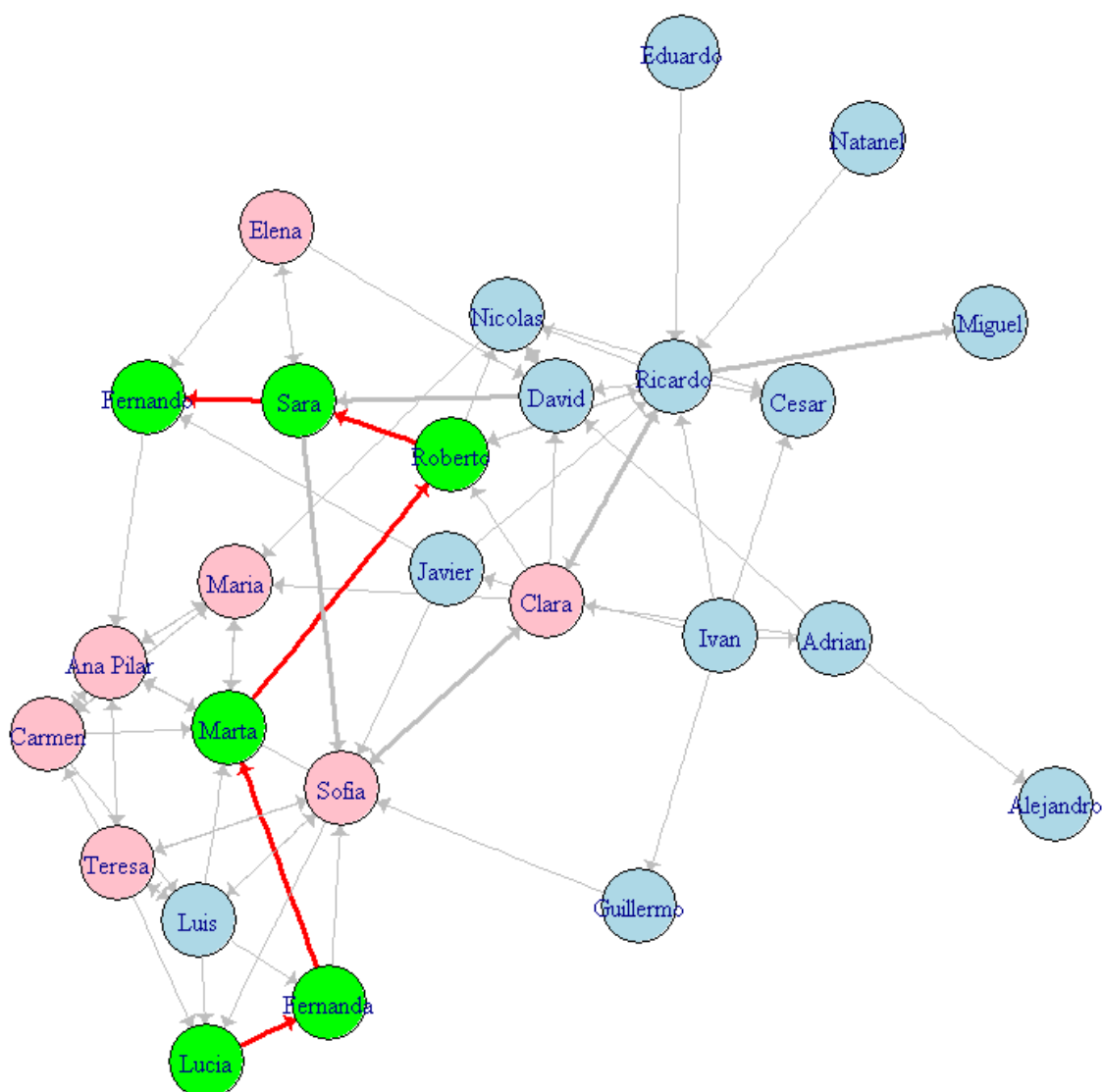


Figura 9.

5.3.2 Centralidad

Fijándonos en la centralidad de grado, vemos que los alumnos de la clase que originan más conversaciones son Ricardo, con seis, seguido de Clara, Luis, Iván, Sofía y Teresa con cinco cada uno. A estos alumnos los podríamos calificar como influyentes por su elevado número. Por otro lado, los alumnos a los que les habla un mayor número de compañeros son Sofía, con siete, seguida de Ana Pilar y Ricardo con seis cada uno. Este tipo de alumnos con los que tantos quieren hablar suelen ser considerados alumnos prominentes, poseen cierto prestigio entre sus compañeros. Notamos que tanto Ricardo como Sofía destacan en ambas situaciones. Si calculamos la diferencia entre las conversaciones que se empiezan y las que son empezadas por otros, tenemos que Iván es el primero en hablar con muchos compañeros pero ninguno empieza una conversación con él (algo ya notado previamente). Tanto Cesar como David son los alumnos que reciben más conversaciones de las que inician con sus compañeros (Tabla 3).

Vamos a ver la distancia de un actor a todos los demás en la red, teniendo en cuenta el número de conversaciones, mediante el grado de cercanía. Teniendo en cuenta los enlaces salientes, quien tiene una mayor centralidad es Iván, y los que poseen la menor son Alejandro, Miguel y Cesar; los tres alumnos que no iniciaban ninguna conversación. Fijándonos en los enlaces que entran, el alumno con una mayor centralidad es Cesar, mientras que los de menor centralidad en esta situación son aquellos alumnos con los que nadie inicia una conversación (Eduardo, Iván y Natanel). Si no tenemos en cuenta quien empieza las conversaciones, los alumnos con una mayor centralidad son Ricardo y Roberto, con Alejandro siendo el alumno con menor centralidad (Tabla 4).

Otra forma de pensar en lo cerca que está un alumno del resto de sus compañeros es preguntar a cuantos puede llegar en dos pasos, tres pasos. Para el caso de dos pasos nos encontramos con que, para redes dirigidas, son muy pocos los que pueden alcanzar a más de la mitad de sus compañeros. Lo máximo que se consigue alcanzar para las conexiones salientes es el 60% y el 64% para las entrantes, alcanzados por Clara y Sofía respectivamente. Si consideramos la red no dirigida, los valores aumentan de forma considerable, destacando Clara, que puede alcanzar a todos sus compañeros menos uno (96%). Todos los porcentajes están por encima del 40% excepto para Alejandro, quien solo puede alcanzar al 16% de sus compañeros (Tabla 5).

Si observamos el caso de tres pasos, ya alcanzamos el 76% para las conexiones salientes con Adrián e Iván y un 88% para las entrantes por Sofía y María. Al considerar la red como no dirigida, son muchos los que llegan a todos sus compañeros, en concreto once alumnos, cerca de la mitad de la clase. Los porcentajes aumentan de forma elevada en comparación con la observación a dos pasos. Todos están por encima del 72% excepto para Alejandro de nuevo que se queda en un 56% (Tabla 6).

Todos los alumnos consiguen llegar al resto de sus compañeros en cuatro pasos, coincidiendo con la distancia del mayor camino más corto encontrado previamente en el estudio.

Los alumnos que se encuentran en medio de los caminos pueden ser muy importantes para el proceso de comunicación, vamos a encontrar lo que conocemos por intermediación. Para el caso directo los alumnos con un mayor grado de centralidad son, por orden, Sofía, Clara y Roberto. Al tener en cuenta el número de conversaciones las puntuaciones cambian, siendo los de mayor centralidad Sofía, Roberto y Ricardo en este orden. Se observa como Clara, al tener en cuenta las conversaciones, ya no es tan central en el aula y desciende de manera importante su puntuación.

Si consideramos la red como no directa, los que obtienen una mayor puntuación, por orden, son Roberto, Sofía y Clara. Teniendo en cuenta la cantidad de conversaciones, al igual que en el caso directo, los tres alumnos que logran las mejores puntuaciones son Ricardo, Roberto y Sofía. De nuevo, Clara consigue una menor puntuación de centralidad al considerar el número de conversaciones (Tabla 7).

En todos los casos obtienen una mayor centralidad los mismos alumnos. Podemos considerar que Sofía y Roberto son los alumnos que poseen una posición importante para influir en el resto de la clase.

Podemos considerar que un alumno es central en la medida en que el alumno está conectado a otros que también son centrales. Para el grafo de red directo, el alumno con mayor centralidad es Ana Pilar, seguida de Marta. Si la red no fuera directa, es Ana Pilar quien posee una mayor centralidad seguida de Sofía. Para ambos casos, el alumno que posee la mayor centralidad es el mismo, por lo que podemos decir que Ana Pilar es la alumna que está mejor relacionada en el aula, mantiene contactos con alumnos que también se encuentran muy bien relacionados dentro de la clase (Tabla 8).

5.3.3 Grupos

En todos los grupos humanos se tiende a formar subgrupos, y el grupo de nuestra clase no es una excepción.

Al buscar los máximos cliques que nuestro grafo nos ofrece, encontramos que su tamaño es de cuatro alumnos y podemos localizar tres de ese tipo, pudiendo seleccionar solo dos cliques a la vez en un mismo grafo debido a la repetición de nombres en dos de ellos (Tabla 9). Aparte de esos subgrafos plenamente conectados tenemos otros de tamaño tres y dos. Donde el nombre que más se repite es el de Ricardo (10 veces) seguido del de Sofía (7 veces). Ambos son los que participan en un mayor número de conversaciones, por lo que no es extraño que tengan una mayor facilidad a la hora de formar cliques en el grafo (Tabla 10).

Muchas redes consisten en grupos que están densamente conectados entre sí, pero escasamente conectados a otros grupos. La puntuación de intermediación de un enlace mide el número de caminos más cortos a través de él. La idea es que es probable que los enlaces que conectan grupos independientes tengan un alto valor de intermediación ya que todos los caminos más cortos desde un grupo a otro deben pasar a través de ellos.

Si dejamos el grafo directo obtendremos hasta once subgrupos diferentes. De ellos, solo cuatro estarán formados por más de una persona, destacando en particular el grupo de mayor número con hasta nueve alumnos. Es importante resaltarlo, no solamente por la formación de un subgrupo con varios alumnos teniendo en cuenta la dificultad de formar grupos no unipersonales de nuestro grafo, sino por la cantidad de miembros que lo forman, más del doble que el segundo grupo de mayor tamaño. Si nos fijamos, era justamente este grupo el que ya desde el principio del análisis intuíamos claramente su existencia (Figura 11).

Con el grafo no directo obtenemos un menor número de grupos, solamente cuatro. Comparando con el caso directo, notamos como el mayor grupo sigue siendo el mismo, pero en esta ocasión la diferencia con el segundo grupo de mayor tamaño no es tan exagerada. En esta ocasión, tenemos dos grupos del mismo tamaño y otros dos con dimensiones el doble o mayor que ellos. Fijándonos más detenidamente observamos que todos los grupos tienen la mayoría de sus conexiones con el grupo azul, mientras que éste posee un número similar con el resto de grupos. Lo que nos puede indicar que a pesar de ser un grupo tan numeroso está abierto al resto de grupos. Por otra parte, el grupo verde es un grupo más cerrado en sí mismo, a

pesar de su tamaño no mantiene un mayor número de conversaciones que los demás grupos y la mitad de sus miembros no se relacionan con nadie fuera de su grupo (Figura 12).

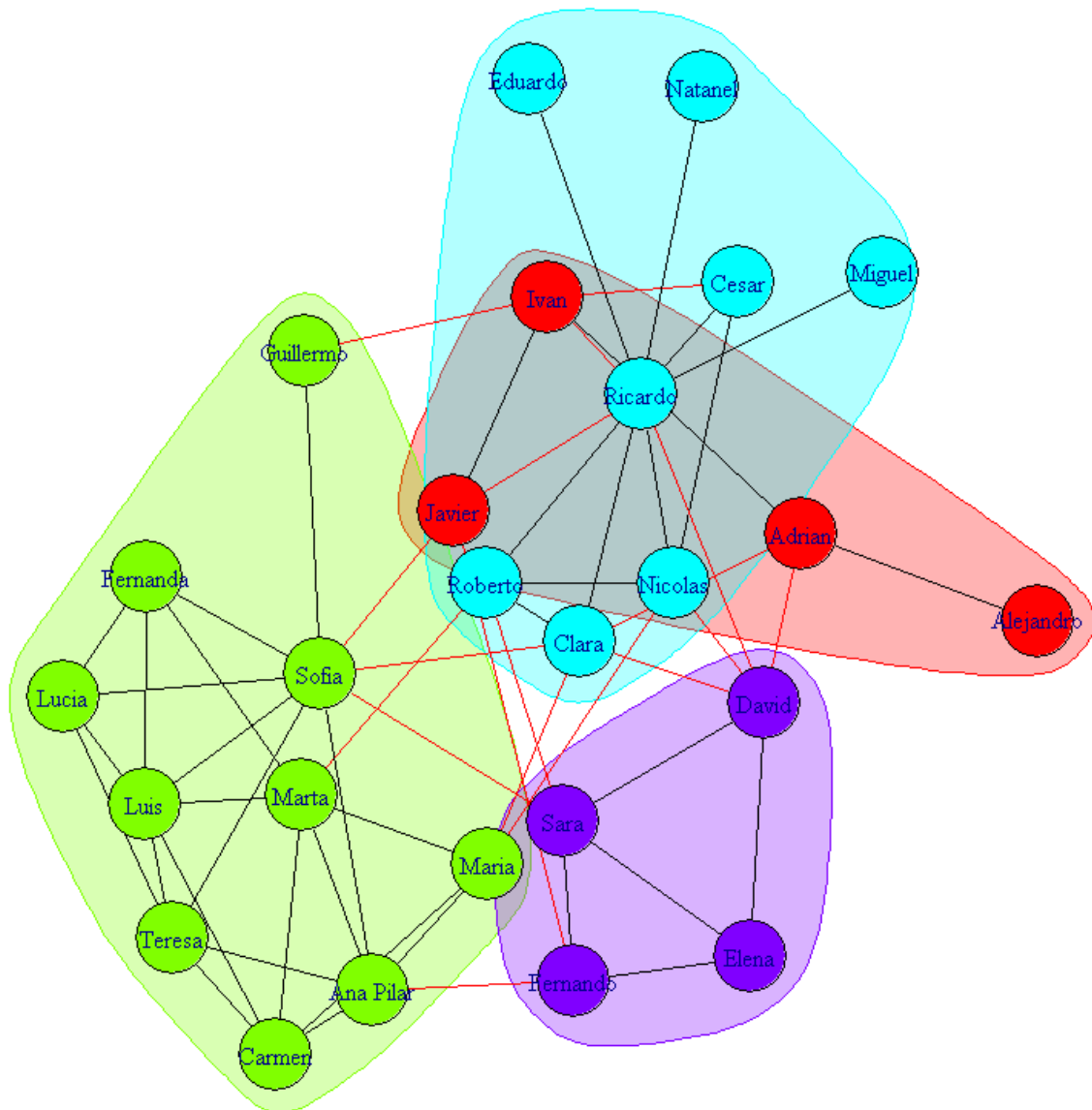


Figura 12.

Otra manera de intentar encontrar subgrafos densamente conectados en un grafo es a través de caminos aleatorios. La idea es que los caminos aleatorios cortos tienden a permanecer en el mismo grupo.

Nos encontramos con este método con cuatro grupos, dos de pocos individuos y otros dos superiormente mayores. De estos grupos, el verde solo se relaciona con el grupo rojo, mientras que el morado y el azul apenas se relacionan entre ellos, yendo prácticamente todas sus conexiones con el grupo rojo. En este grupo, la mayoría de sus miembros se relacionan con individuos de otros grupos. Todos los individuos del grupo morado se comunican con otros grupos mientras que, tal como pasaba en el caso anterior, son pocos los miembros del grupo azul que se relacionan con alguien que no sea de su grupo (Figura 13).

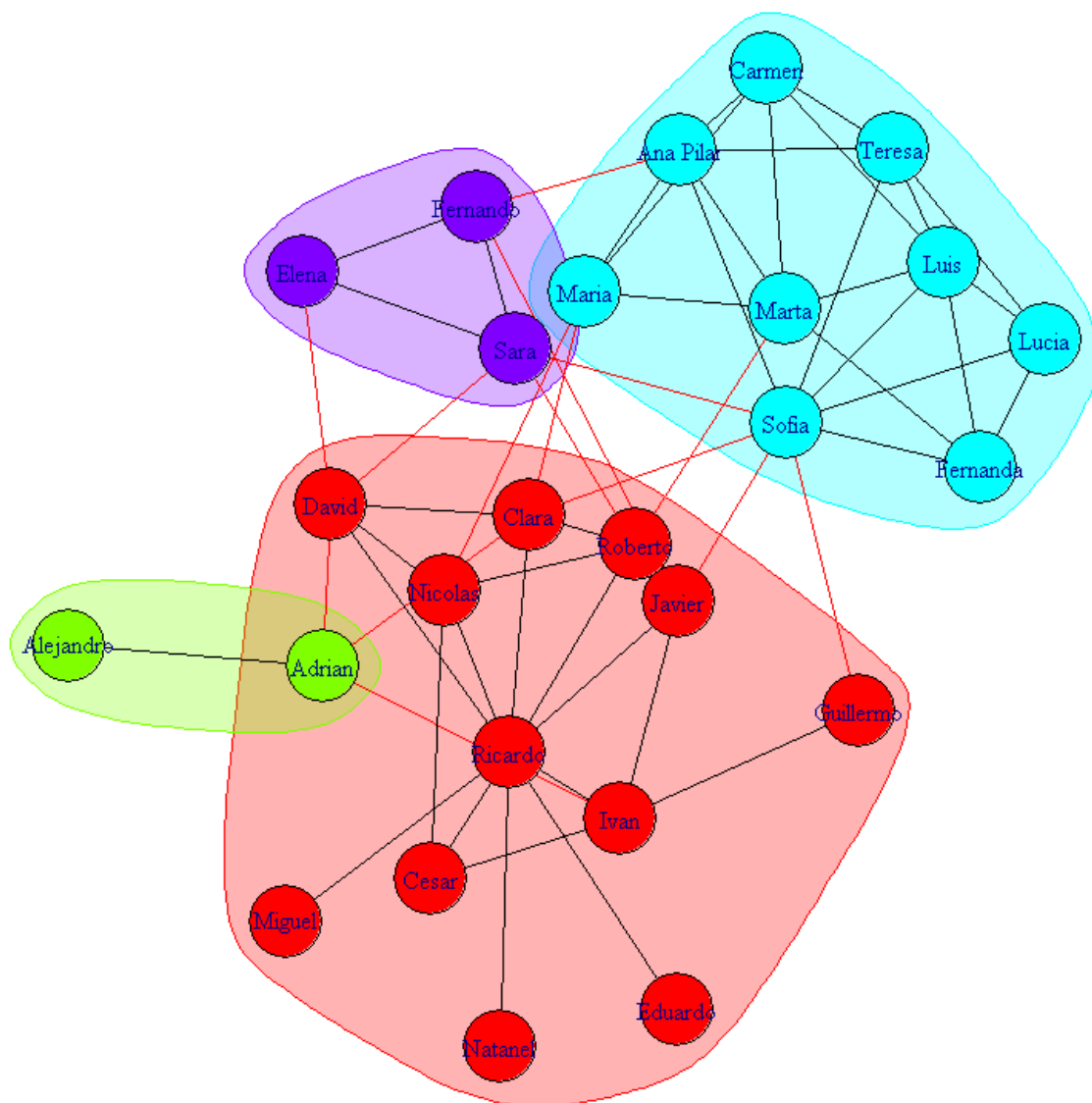


Figura 13.

5.4 CONCLUSIONES

Con toda la información extraída, ya podemos responder a las preguntas que nos hacíamos al principio del trabajo, así como a nuevas preguntas que han surgido de los resultados obtenidos.

Nuestro principal objetivo era saber si los alumnos mantenían relaciones con compañeros con los que no habían coincidido previamente en el aula o solo se centraban en los ya conocidos. Durante el trabajo hemos podido comprobar cómo se han producido multitud de nuevas relaciones entre los alumnos, no siendo un factor determinante el haberse conocido anteriormente o no a la hora de relacionarse. Esto se puede demostrar, además de visualmente por la figura 5, con las diferentes medidas de centralidad comentadas. En muchos casos han aparecido como alumnos centrales aquellos que pertenecían a la antigua clase C, la cual solo tiene a dos alumnos en el aula, destacando Ana Pilar como la alumna que está mejor conectada a otros que también son centrales. También se observa al descubrir los grupos que nos podemos encontrar en el grafo. En los distintos grupos encontramos alumnos de todas las clases, habiendo un reparto bastante equilibrado entre los alumnos de diferentes clases en cada grupo.

Nos fijamos particularmente en los alumnos de nuevo ingreso. De los tres alumnos, notamos una mejor integración de Fernanda. Al encontrar los diferentes grupos que podían localizarse, siempre aparece en el mismo grupo para los diferentes métodos de obtención de subgrafos, grupo que prácticamente es el mismo para todos los casos. Además, posee varias conversaciones, de las cuales, la mitad son empezadas por ella y la otra mitad por sus compañeros, a diferencia de Iván, quien habla con los demás pero nadie parece acordarse de él. Esto puede ser debido a que intenta hacer amistades, aunque no parezca tener mucho éxito, o que es muy extrovertido y habla sin necesidad de que ninguno de sus compañeros le pregunte nada. Éste último motivo podría justificar el que sea considerado el compañero que puede propagar, a un mayor número de compañeros, cualquier información, alguien influyente. Uno de los compañeros con quien inicia una conversación es con Guillermo, posiblemente por encontrarse en su misma situación de "nuevo" en el centro. Guillermo sería el alumno que más nos preocuparía de los tres, aunque no excesivamente. No tiene demasiadas relaciones y al formar grupos de modo directo, tanto él como Iván forman su propio grupo unipersonal.

Las diferencias entre chicos y chicas son destacables en varios aspectos. Por un lado, las conversaciones se producen más entre alumnos del mismo género, produciéndose las más fuertes mayoritariamente entre chicas. Por otro, al tener que encontrar subgrafos, nos hemos dado cuenta de que hay siempre un grupo de gran tamaño muy relacionado entre sí y formado por todo chicas excepto un chico. Este grupo va a condicionar en cierta manera las centralidades del estudio. Si consideramos la centralidad como el estar relacionado con el mayor número de alumnos bien relacionados, está claro que al formar un grupo tan amplio y relacionado entre sí, van a ser éstas quienes tengan mejores puntuaciones. De hecho, los seis alumnos con una mejor puntuación en el caso directo y cinco de los seis primeros para el no directo pertenecen a este grupo. También afecta al encontrar los cliques del grafo. Los tres cliques de mayor tamaño que podemos encontrar en el grafo están formados por miembros del grupo en cuestión.

Dentro de la clase, podemos pensar que hay dos alumnos considerados muy importantes por sus compañeros, de alguna manera los líderes, estos son Ricardo y Sofía. Los dos alumnos destacan desde el principio por el número de enlaces que poseen, no solo totales, sino también entrantes y salientes, turnándose el primer y segundo lugar entre ellos. Esto demuestra, no solo que son influyentes, sino que además sus compañeros les confieren cierto prestigio. Ambos tienen las mayores puntuaciones de intermediación por el número de caminos más cortos que pasan por ellos, tanto para la red de nodos directa como no directa. Sus nombres son los más repetidos en la formación de cliques, formando parte cada uno de uno de los dos grupos más grandes que encontramos para los distintos métodos a la hora de encontrar subgrafos. Ambos son muy importantes para sus grupos. En el caso de Sofía, ella sola suele llevar a cabo la mitad de las relaciones de su grupo con los demás, impidiendo que se aísle más de lo ya visto. La importancia de Ricardo es diferente, él sirve de unión para tres de sus compañeros, no solo con los otros grupos, sino también con el resto de compañeros de su mismo grupo. Si desapareciera, tanto Eduardo como Natanel y Miguel se quedarían aislados en el aula.

Aunque no hay ningún alumno que no mantenga alguna relación con algún otro compañero de clase, si hay quien puede encontrarse bastante alejado del resto de sus compañeros. No solamente Eduardo, Natanel y Miguel podrían aislarse si faltase algún compañero, este también es el caso de Alejandro. Este alumno es el que se podría encontrar en estos momentos

más distanciado de sus compañeros y habría que mejorar su integración en el aula. Esto es motivado por los resultados, normalmente los más bajos, en todas las pruebas de centralidad. Por ejemplo, posee el que menor capacidad con diferencia a la hora de hacer llegar al máximo número de compañeros una información, ya sea en dos o tres pasos.

Por último, no notamos ninguna distinción negativa a la hora de relacionarse con los alumnos extranjeros de la clase. Destacando la presencia de las dos chicas extranjeras en el grupo tan unido formado por chicas y un chico que hemos comentado anteriormente, así como la importancia de Ricardo para sus compañeros, también comentada en estas conclusiones.

En resumen, podemos estar contentos con las características de las relaciones que se producen en nuestra clase. No se nota ningún tipo de discriminación por nacionalidad, no se relacionan solo con los que ya conocen sino que buscan nuevas relaciones y se nota una mayor unidad entre las chicas, o al menos unas relaciones más estrechas que entre chicos o chicas y chicos. Lo único a mejorar es intentar que no haya alumnos con apenas relaciones con sus compañeros, pudiéndose mejorar mandando trabajos en pareja o grupo con alumnos mejor relacionados para que les puedan ayudar a conocer y relacionarse con más compañeros.

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Adrián	M	A	español	Fernanda	F	D	extranjero	Miguel	M	A	español
Alejandro	M	A	español	Fernando	M	B	español	Natanel	M	B	español
Ana Pilar	F	C	español	Guillermo	M	D	español	Nicolás	M	B	español
Carmen	F	A	español	Iván	M	D	extranjero	Ricardo	M	B	extranjero
Cesar	M	B	español	Javier	M	A	español	Roberto	M	C	español
Clara	F	A	español	Lucia	F	A	español	Sara	F	B	español
David	M	A	español	Luis	M	B	español	Sofía	F	A	español
Eduardo	M	B	español	María	F	A	español	Teresa	F	B	extranjero
Elena	F	A	español	Marta	F	B	español				

Tabla 1. Alumnos y atributos.

Adrián	Clara	1	Y	Fernando	Ana Pilar	1	N	Nicolás	María	1	N
Adrián	David	1	Y	Guillermo	Sofía	1	N	Nicolás	Cesar	1	Y
Adrián	Alejandro	1	Y	Iván	Guillermo	1	Y	Ricardo	Miguel	1	N
Ana Pilar	Carmen	4	N	Iván	Javier	1	N	Ricardo	Clara	1	N
Ana Pilar	Teresa	1	N	Iván	Adrián	1	N	Ricardo	David	2	N
Ana Pilar	María	1	N	Iván	Ricardo	3	N	Ricardo	Nicolás	3	Y
Ana Pilar	Marta	1	N	Iván	Cesar	2	N	Ricardo	Roberto	12	N
Carmen	Luis	1	N	Javier	Sofía	1	Y	Ricardo	Cesar	1	Y
Carmen	Ana Pilar	1	N	Javier	Fernando	1	N	Roberto	Ricardo	6	N
Carmen	María	9	Y	Javier	Ricardo	1	N	Roberto	Nicolás	1	N
Carmen	Marta	4	N	Lucia	Fernanda	1	N	Roberto	Sara	1	N
Clara	Sofía	1	Y	Luis	Sofía	4	N	Sara	Sofía	2	N
Clara	David	2	Y	Luis	Fernanda	1	N	Sara	Elena	2	N
Clara	Ricardo	1	N	Luis	Lucia	1	N	Sara	Fernando	1	Y
Clara	María	1	Y	Luis	Teresa	9	Y	Sofía	Luis	2	N
Clara	Roberto	1	N	Luis	Marta	1	Y	Sofía	Ana Pilar	1	N
David	Sara	2	N	María	Carmen	2	Y	Sofía	Clara	1	Y
David	Nicolás	2	N	María	Ana Pilar	1	N	Sofía	Lucia	2	Y
Eduardo	Ricardo	1	Y	María	Marta	11	N	Sofía	Teresa	1	N
Elena	David	1	Y	Marta	Ana Pilar	1	N	Teresa	Sofía	4	N
Elena	Sara	3	N	Marta	María	3	N	Teresa	Luis	10	Y
Elena	Fernando	1	N	Marta	Roberto	1	N	Teresa	Carmen	3	N
Fernanda	Sofía	1	N	Natanel	Ricardo	1	Y	Teresa	Ana Pilar	1	N
Fernanda	Marta	1	N	Nicolás	David	3	N	Teresa	Lucia	1	N

Tabla 2. Relaciones y características.

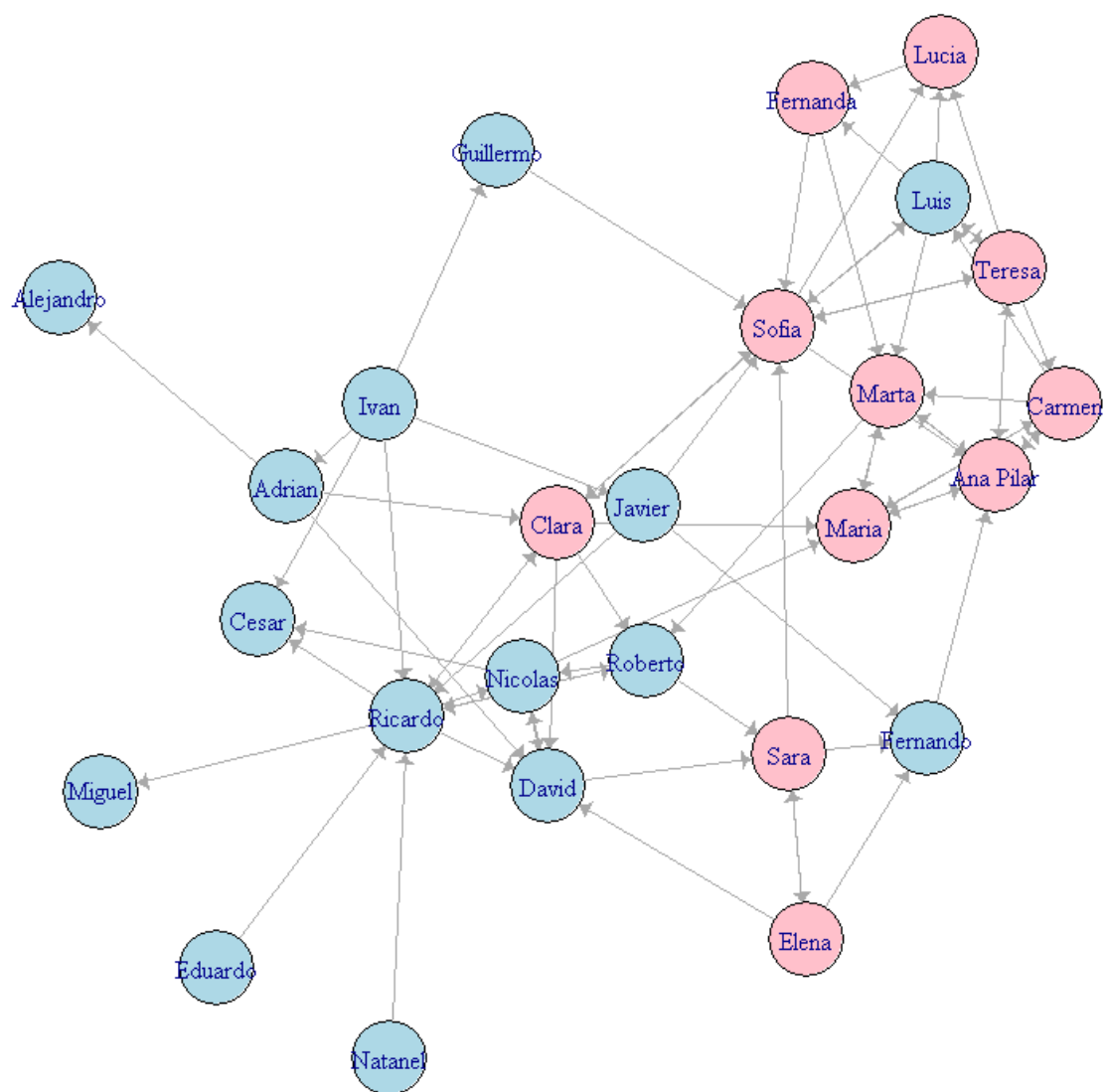


Figura 1.

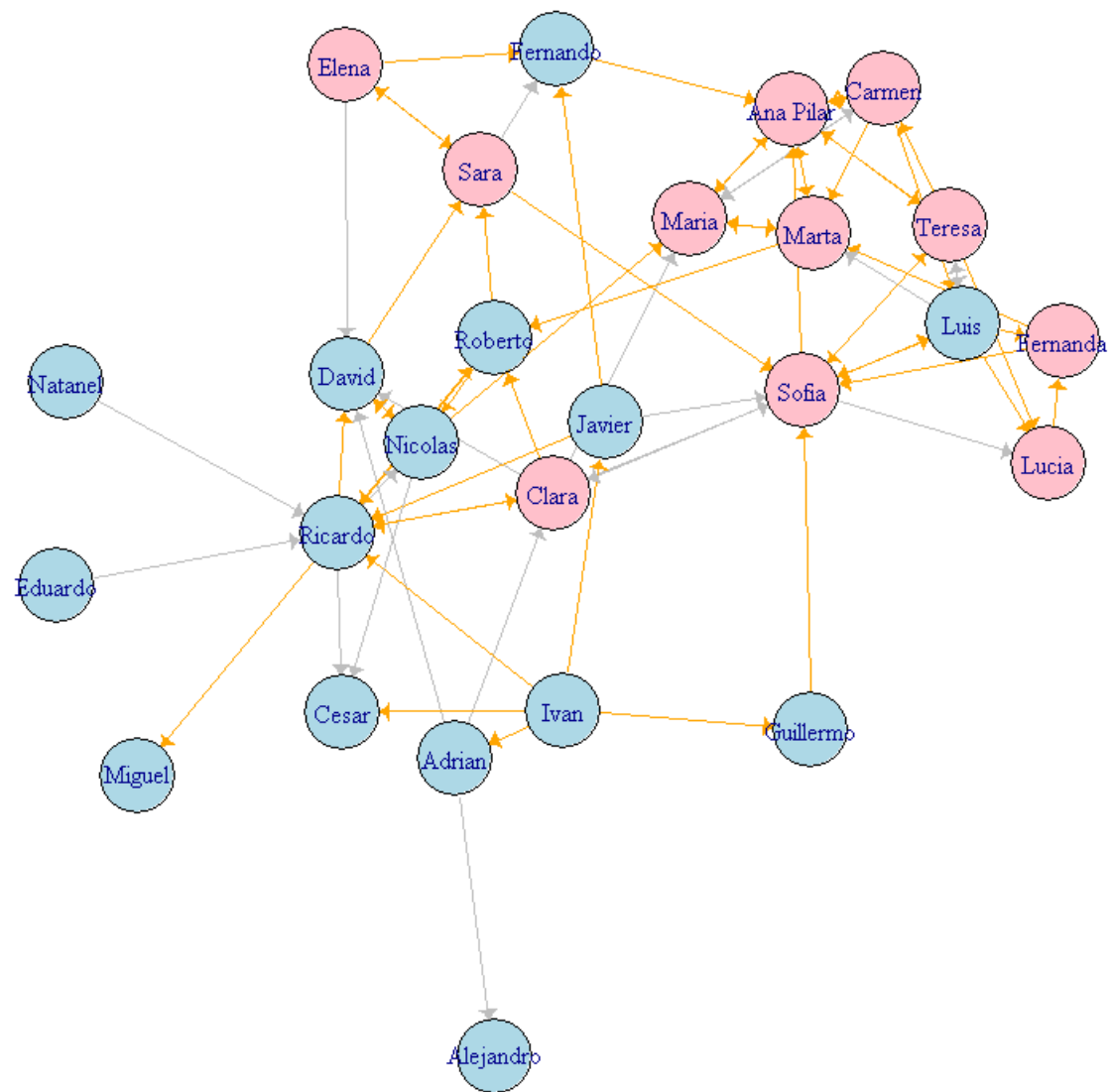


Figura 3.

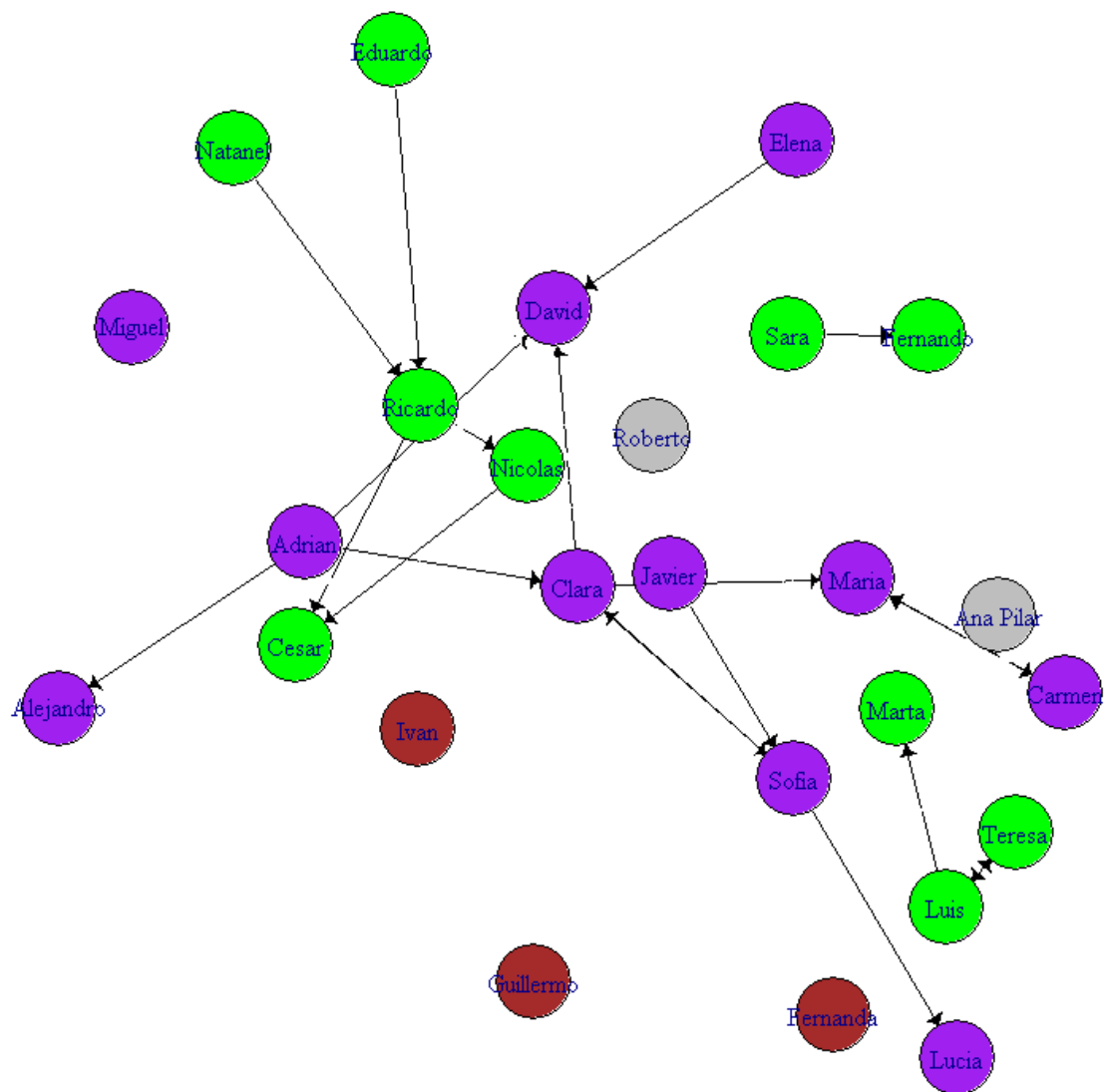


Figura 6.

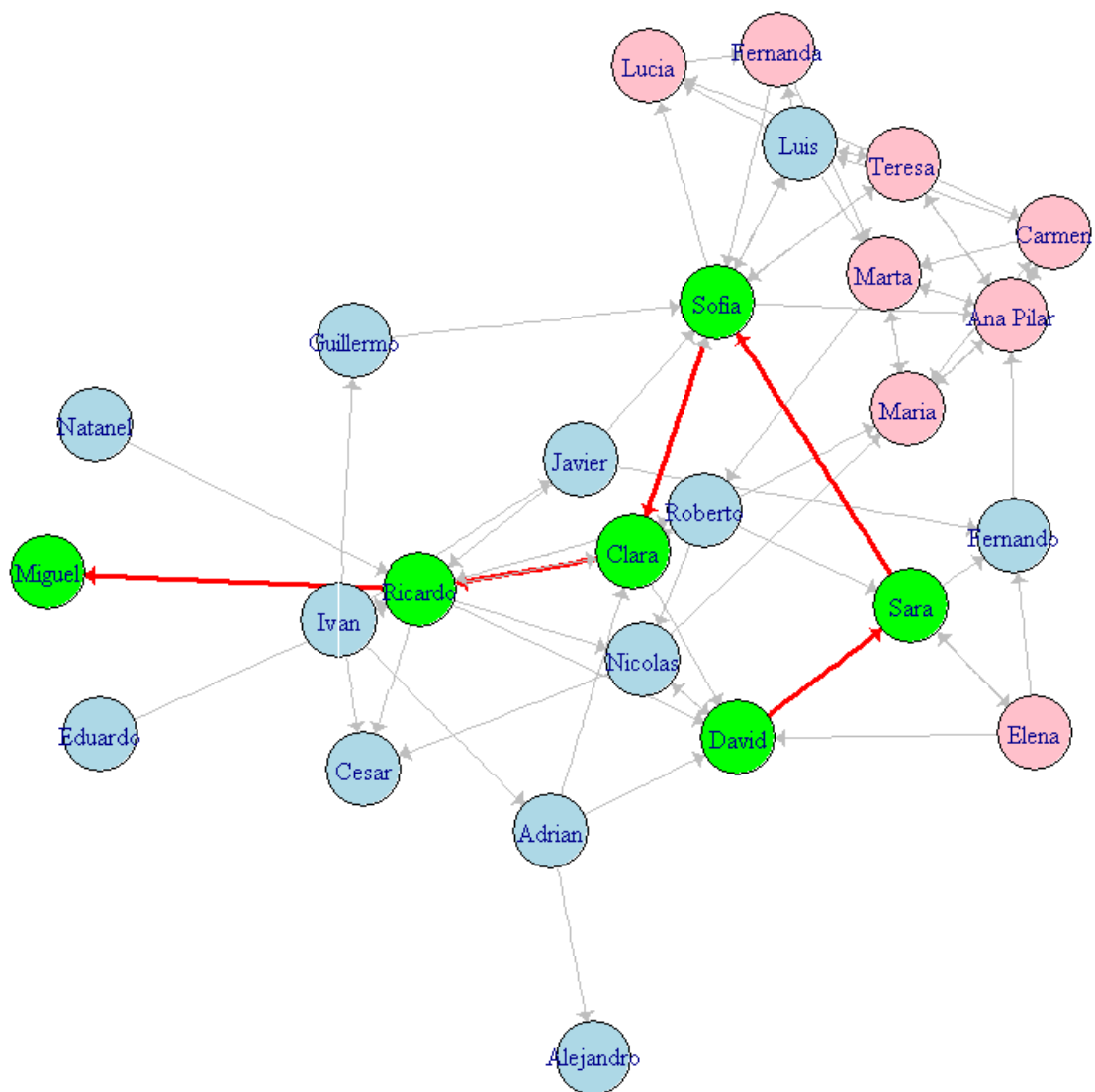


Figura 8.

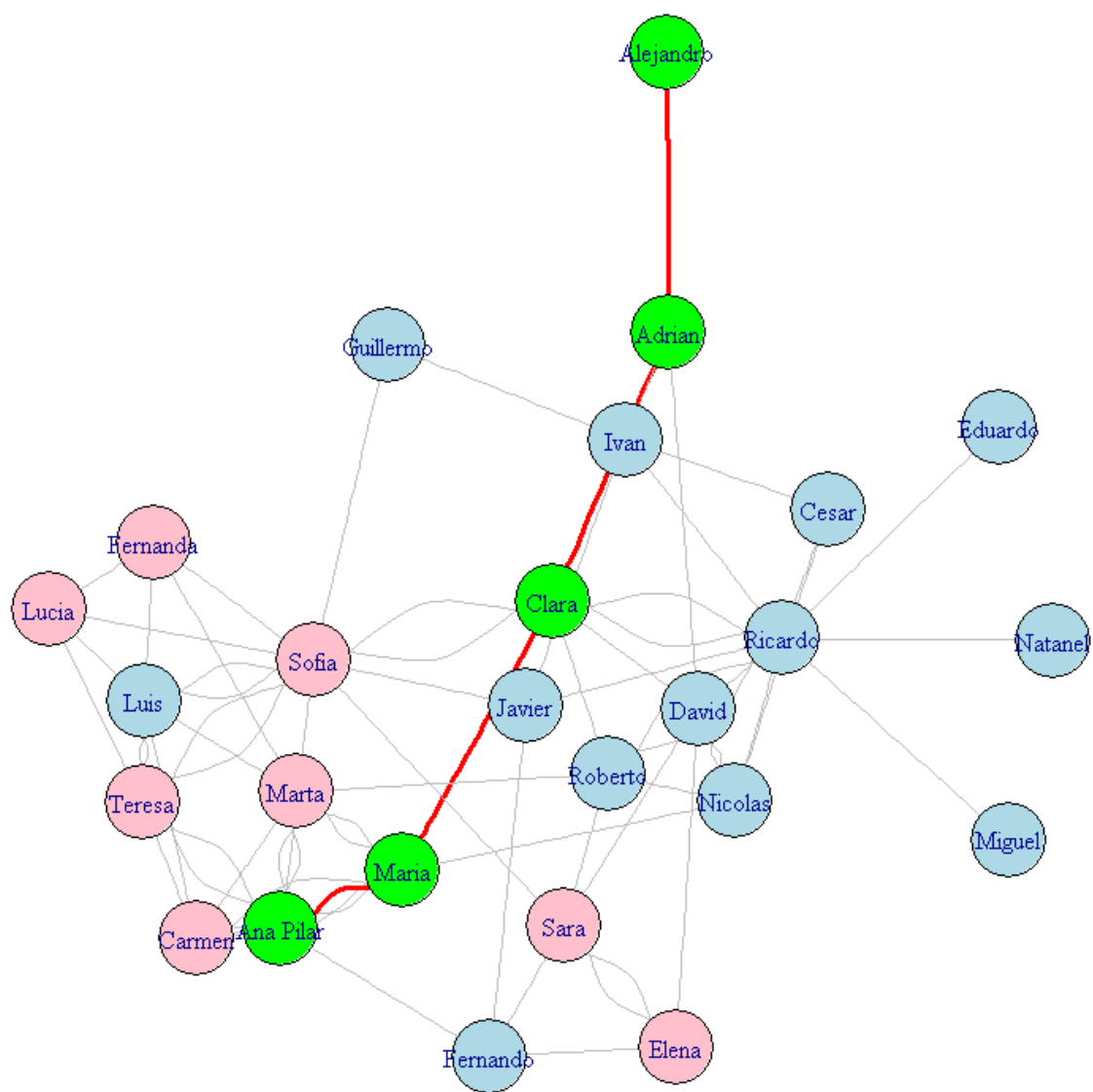


Figura 10.

Conversación				Conversación			
	Hablan	Les	Diferencia		Hablan	Les	Diferencia
	a	hablan			a	hablan	
Adrián	3	1	2	Javier	3	1	2
Alejandro	0	1	-1	Lucia	1	3	-2
Ana Pilar	4	6	-2	Luis	5	3	2
Carmen	4	3	1	María	3	5	-2
Cesar	0	3	-3	Marta	3	5	-2
Clara	5	3	2	Miguel	0	1	-1
David	2	5	-3	Natanel	1	0	1
Eduardo	1	0	1	Nicolás	3	3	0
Elena	3	1	2	Ricardo	6	6	0
Fernanda	2	2	0	Roberto	3	3	0
Fernando	1	3	-2	Sara	3	3	0
Guillermo	1	1	0	Sofía	5	7	-2
Iván	5	0	5	Teresa	5	3	2

Tabla 3. Centralidad de grado

Directo				Directo			
	Salen	Entran	No Directo		Salen	Entran	No Directo
Adrián	0.005639098	0.001600000	0.01860465	Javier	0.005150215	0.001600000	0.02173913
Alejandro	0.001538462	0.001663894	0.01286174	Lucia	0.004113816	0.007590133	0.01615074
Ana Pilar	0.004446091	0.008032129	0.01926164	Luis	0.004542014	0.007812500	0.02020202
Carmen	0.004559271	0.007653061	0.02146691	María	0.004526594	0.008247423	0.02307692
Cesar	0.001538462	0.008683068	0.01791045	Marta	0.004512975	0.008327550	0.02362205
Clara	0.004672897	0.007894737	0.02380952	Miguel	0.001538462	0.008091706	0.01623816
David	0.004398827	0.007889546	0.02177858	Natanel	0.004780876	0.001538462	0.01623816
Eduardo	0.004780876	0.001538462	0.01623816	Nicolás	0.004434590	0.007692308	0.02181818
Elena	0.004369993	0.006737788	0.01754386	Ricardo	0.004626060	0.007899934	0.02660754
Fernanda	0.004405286	0.006888634	0.01823708	Roberto	0.004564473	0.008327550	0.02660754
Fernando	0.004185560	0.006980803	0.01759531	Sara	0.004467610	0.007746934	0.02277040
Guillermo	0.004704038	0.001600000	0.01791045	Sofía	0.004554080	0.008456660	0.02242991
Iván	0.009966777	0.001538462	0.02094241	Teresa	0.004518072	0.007746934	0.01973684

Tabla 4. Grado de cercanía

Cantidades				Cantidades			
Dos pasos	Directo		No Directo		Directo		No Directo
	Salen	Entran			Salen	Entran	
Adrián	9	1	14	Javier	13	1	21
Alejandro	0	2	4	Lucia	3	10	11
Ana Pilar	8	14	16	Luis	10	10	13
Carmen	9	9	12	María	6	14	15
Cesar	0	9	13	Marta	8	11	14
Clara	15	13	24	Miguel	0	7	10
David	7	12	17	Natanel	7	0	10
Eduardo	7	0	10	Nicolás	7	11	17
Elena	6	3	11	Ricardo	9	9	18
Fernanda	9	5	13	Roberto	11	14	21
Fernando	5	6	13	Sara	9	8	17
Guillermo	6	1	13	Sofía	12	16	19
Iván	13	0	15	Teresa	9	12	13

Porcentajes				Porcentajes			
Dos pasos	Directo		No Directo		Directo		No Directo
	Salen	Entran			Salen	Entran	
Adrián	0.36	0.04	0.56	Javier	0.52	0.04	0.84
Alejandro	0.00	0.08	0.16	Lucia	0.12	0.40	0.44
Ana Pilar	0.32	0.56	0.64	Luis	0.40	0.40	0.52
Carmen	0.36	0.36	0.48	María	0.24	0.56	0.60
Cesar	0.00	0.36	0.52	Marta	0.32	0.44	0.56
Clara	0.60	0.52	0.96	Miguel	0.00	0.28	0.40
David	0.28	0.48	0.68	Natanel	0.28	0.00	0.40
Eduardo	0.28	0.00	0.40	Nicolás	0.28	0.44	0.68
Elena	0.24	0.12	0.44	Ricardo	0.36	0.36	0.72
Fernanda	0.36	0.20	0.52	Roberto	0.44	0.56	0.84
Fernando	0.20	0.24	0.52	Sara	0.36	0.32	0.68
Guillermo	0.24	0.04	0.52	Sofía	0.48	0.64	0.76
Iván	0.52	0.00	0.60	Teresa	0.36	0.48	0.52

Tabla 5. Cercanía en dos pasos (números y porcentajes)

Tres pasos	Cantidades				Cantidades		
	Directo		No Directo		Directo		No Directo
	Salen	Entran			Salen	Entran	
Adrián	19	1	25	Javier	18	1	25
Alejandro	0	2	14	Lucia	9	19	19
Ana Pilar	13	20	21	Luis	14	20	20
Carmen	13	18	20	María	12	22	25
Cesar	0	13	21	Marta	17	19	24
Clara	18	19	25	Miguel	0	10	18
David	14	17	25	Natanel	10	0	18
Eduardo	10	0	18	Nicolás	13	18	24
Elena	14	8	25	Ricardo	17	17	25
Fernanda	14	11	20	Roberto	17	20	25
Fernando	9	11	24	Sara	16	18	25
Guillermo	13	1	25	Sofía	16	22	25
Iván	19	0	24	Teresa	12	20	20

Tres pasos	Porcentajes				Porcentajes		
	Directo		No Directo		Directo		No Directo
	Salen	Entran			Salen	Entran	
Adrián	0.76	0.04	1.00	Javier	0.72	0.04	1.00
Alejandro	0.00	0.08	0.56	Lucia	0.36	0.76	0.76
Ana Pilar	0.52	0.80	0.84	Luis	0.56	0.80	0.80
Carmen	0.52	0.72	0.80	María	0.48	0.88	1.00
Cesar	0.00	0.52	0.84	Marta	0.68	0.76	0.96
Clara	0.72	0.76	1.00	Miguel	0.00	0.40	0.72
David	0.56	0.68	1.00	Natanel	0.40	0.00	0.72
Eduardo	0.40	0.00	0.72	Nicolás	0.52	0.72	0.96
Elena	0.56	0.32	1.00	Ricardo	0.68	0.68	1.00
Fernanda	0.56	0.44	0.80	Roberto	0.68	0.80	1.00
Fernando	0.36	0.44	0.96	Sara	0.64	0.72	1.00
Guillermo	0.52	0.04	1.00	Sofía	0.64	0.88	1.00
Iván	0.76	0.00	0.96	Teresa	0.48	0.80	0.80

Tabla 6. Cercanía en tres pasos (números y porcentajes)

	Directo		No Directo			Directo		No Directo	
	Sin peso	Peso	Sin peso	Peso		Sin peso	Peso	Sin peso	Peso
Adrián	3.25	1.00	25.79	24.00	Javier	4.92	4.17	17.92	9.00
Alejandro	0.00	0.00	0.00	0.00	Lucia	7.92	7.50	0.20	0.00
Ana Pilar	39.42	33.33	17.21	6.00	Luis	20.85	28.50	5.26	12.00
Carmen	10.35	8.00	2.70	3.50	María	30.17	43.17	22.91	28.50
Cesar	0.00	0.00	1.28	0.00	Marta	66.72	75.33	15.69	49.17
Clara	77.35	44.50	58.63	18.00	Miguel	0.00	0.00	0.00	0.00
David	26.93	28.00	22.37	21.50	Natanel	0.00	0.00	0.00	0.00
Eduardo	0.00	0.00	0.00	0.00	Nicolás	23.45	30.00	13.46	9.00
Elena	2.50	3.00	1.58	0.00	Ricardo	84.40	94.50	88.35	100.50
Fernanda	17.00	17.00	1.43	1.50	Roberto	73.57	98.00	19.11	59.50
Fernando	8.62	4.33	8.12	3.50	Sara	64.67	79.00	14.59	36.50
Guillermo	3.33	2.83	3.77	3.00	Sofía	112.85	103.83	77.14	58.33
Iván	0.00	0.00	18.34	28.50	Teresa	16.75	17.00	4.11	5.50

Tabla 7. Centralidad por intermediación.

	Directo	No Directo		Directo	No Directo
Adrián	3.3e-17	0.176	Javier	1.8e-17	0.271
Alejandro	3.5e-17	0.027	Lucia	4.1e-01	0.399
Ana Pilar	1.0e+00	1.000	Luis	3.6e-01	0.628
Carmen	6.0e-01	0.662	María	7.1e-01	0.678
Cesar	9.7e-02	0.135	Marta	7.3e-01	0.689
Clara	1.7e-01	0.638	Miguel	3.8e-02	0.064
David	1.5e-01	0.328	Natanel	1.6e-17	0.064
Eduardo	1.6e-17	0.064	Nicolás	1.8e-01	0.316
Elena	4.8e-02	0.173	Ricardo	1.1e-01	0.425
Fernanda	2.6e-01	0.401	Roberto	3.0e-01	0.340
Fernando	6.8e-02	0.167	Sara	1.6e-01	0.313
Guillermo	3.7e-17	0.167	Sofía	4.1e-01	0.929
Iván	1.6e-17	0.166	Teresa	5.0e-01	0.750

Tabla 8. Centralidad de centrales.

Lucia	-	Luis	-	Sofía	-	Teresa
Fernanda	-	Lucia	-	Luis	-	Sofía
Ana Pilar	-	Carmen	-	María	-	Marta

Tabla 9. Cliques de mayor distancia.

Sofía	-	Fernanda	-	Lucia	-	Luis
Marta	-	Carmen	-	Ana Pilar	-	María
Teresa	-	Luis	-	Lucia	-	Sofía
Teresa	-	Luis	-	Carmen		
Teresa	-	Ana Pilar	-	Carmen		
Ricardo	-	Nicolás	-	Cesar		
Ricardo	-	Iván	-	Cesar		
Adrián	-	Clara	-	David		
Ricardo	-	Nicolás	-	David		
Ricardo	-	Clara	-	David		
Sara	-	Elena	-	David		
Sara	-	Elena	-	Fernando		
Ricardo	-	Javier	-	Iván		
Marta	-	Fernanda	-	Luis		
Marta	-	Carmen	-	Luis		
Ricardo	-	Nicolás	-	Roberto		
Ricardo	-	Clara	-	Roberto		
Teresa	-	Ana Pilar	-	Sofía		
Adrián	-	Iván				
Alejandro	-	Adrián				
Fernando	-	Javier				
Fernando	-	Ana Pilar				
Guillermo	-	Iván				
María	-	Nicolás				
María	-	Clara				
Marta	-	Roberto				
Ricardo	-	Natanel				
Ricardo	-	Miguel				
Ricardo	-	Eduardo				
Sara	-	Roberto				
Sofía	-	Sara				
Sofía	-	Javier				
Sofía	-	Guillermo				
Sofía	-	Clara				

Tabla 10. Máximos cliques.

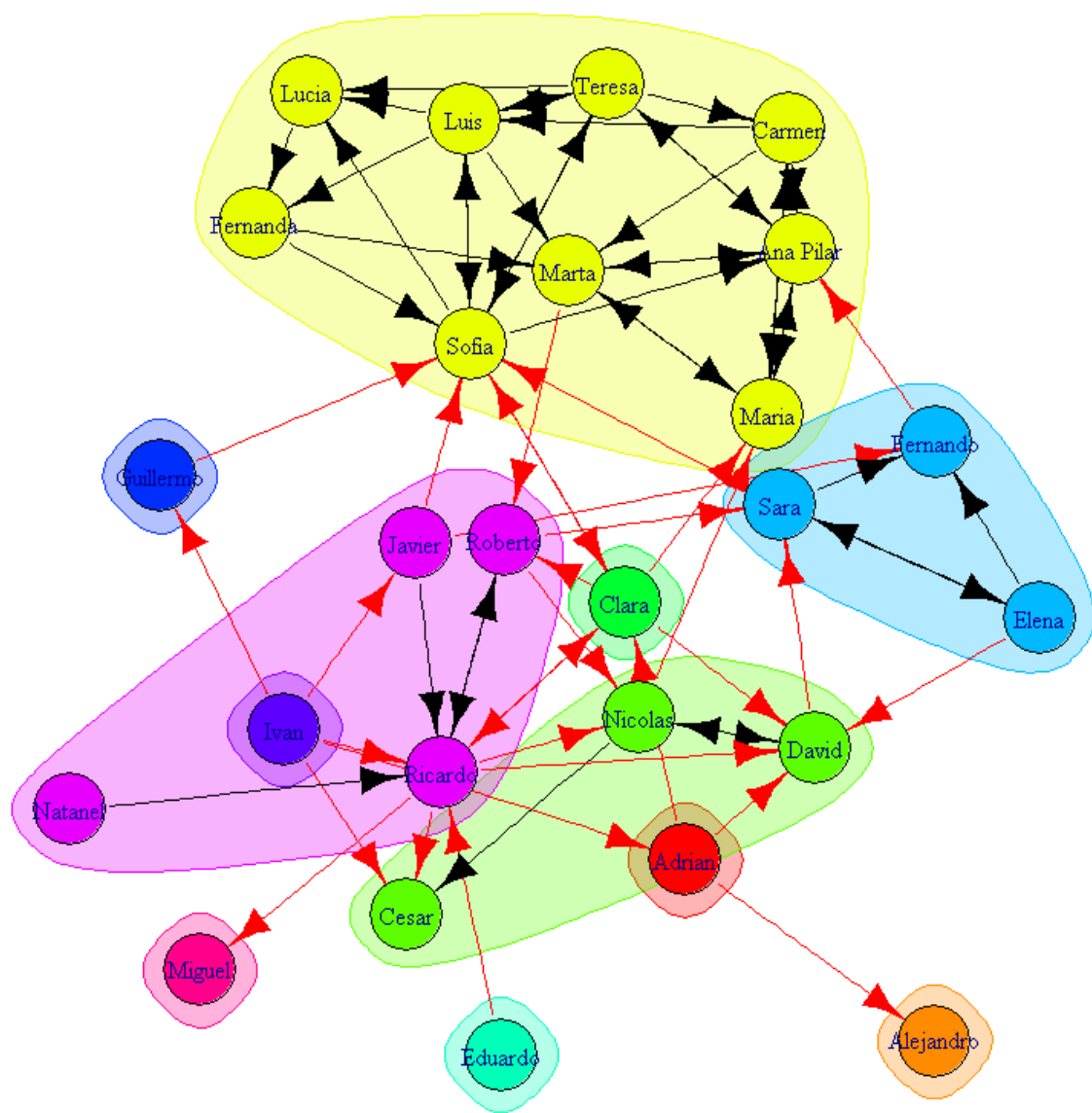


Figura 11.

BIBLIOGRAFIA

- Bogartti, S. P. & Foster, P. C. (2003). *The network paradigm in organizational research: A Review and Typology*. Journal of Management. Vol. 29 Núm. 6.
- Davis, A. & Gardner, B. & Gardner, R. (1941). *Deep South*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kolaczyk, E. D. (2009). *Statistical Analysis of Network Data. Methods and Models*. Springer Series in Statistics.
- Ponce, I. (2012). *Monográfico: Redes Sociales*. Revista INTEFP
- Scott, J. (2000). *Social Network Analysis: A Handbook*. SAGE
- Varios autores. (1999). *Educación para la convivencia*. Junta de Andalucía. Consejería de Educación y Ciencia.
- Wasserman, S., Faust, K. (1994). *Social Networks Analysis: Methods and Applications*. New York: Cambridge University Press.
- Watts, D. J. (2003). *Six degrees. The science of a connected age*. W. W. Norton & Company. New York.
- Manejo del paquete para R igraph. <http://igraph.sourceforge.net/>